

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

Evaluation und Einsatz analoger und digitaler Lehrmedien in der
Ultraschallausbildung

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

Vorgelegt von

Leonie Carla Horn
aus Wiesbaden

Mainz, 2024

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

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion: 30. Oktober 2024

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
1 Einleitung / Ziel der Dissertation	1
2 Literaturdiskussion	4
2.1 Entwicklung und Bedeutung der Ultraschallausbildung im Humanmedizinstudium	4
2.2 Lehrformen und -medien im Humanmedizinstudium und in der Ultraschallausbildung und deren zeitlicher Wandel	7
2.2.1 Lehrformen und -medien im Humanmedizinstudium	7
2.2.2 Lehrformen und -medien in der Ultraschallausbildung	17
2.2.3 Charakterisierung der Nutzergruppen und Herausforderungen im Umgang mit Lehrmedien	19
2.3 Prüfungsformate in der Ultraschallausbildung	21
2.4 Lehrkonzepte in Humanmedizinstudium und Ultraschallausbildung und deren zeitlicher Wandel	25
2.4.1 Lehrkonzepte im Humanmedizinstudium	25
2.4.2 Lehrkonzepte in der Ultraschallausbildung	29
2.5 Lehre während der Covid-19-Pandemie und deren Konsequenzen	33
2.5.1 Allgemeine Aspekte	33
2.5.2 Vor- und Nachteile der Unterrichtskonzepte	33
2.5.3 Aspekte für die Ultraschallausbildung	35
2.5.4 Perspektiven für die Zukunft	35
3 Material und Methoden	36
3.1 Beschreibung der Studie	36
3.1.1 Studienentwicklung/ -hintergrund	36

3.1.2	Studiendesign	39
3.1.3	Teilnehmerrekrutierung	39
3.1.4	Rahmenbedingungen	40
3.1.5	Studiendurchführung	41
3.2	Beschreibung des Kursmodells und -ablaufs.....	41
3.2.1	Lernziele	41
3.2.2	Kursmodell.....	43
3.2.3	Präkursphase/ Kursvorbereitung	43
3.2.4	Präsenzkursphase	44
3.2.5	Postkursphase/ Kursnachbereitung.....	46
3.3	Beschreibung der Lehrmedien	46
3.3.1	Arbeitsheft	46
3.3.2	Skript	47
3.3.3	E-Learning	49
3.3.4	Vergleich Skript und E-Learning.....	50
3.4	Beschreibung der Prüfungsformate und Evaluationen	56
3.4.1	Quiz-Bögen.....	56
3.4.2	Evaluationen	57
3.4.3	Praktische Prüfungen	57
3.4.4	Warm-Up-Quizze	58
3.4.5	Übersicht der Prüfungsformate.....	59
3.5	Dateneingabe und -auswertung.....	62
4	Ergebnisse	63
4.1	Ergebnisse der Evaluationen	65
4.1.1	Nutzung von Medien und Kursmotivation	65
4.1.2	Nutzung der Ultraschalllehrmedien zur Kursvorbereitung	66
4.1.3	Motivation und Lernziele der Studierenden	67
4.1.4	Kursevaluation	70

4.1.5	Subjektive Kompetenzeinschätzung.....	72
4.1.6	Evaluation eingesetzter Lehrmedien	72
4.1.7	Tutorenevaluation	73
4.2	Ergebnisse der theoretischen und praktischen Prüfungen	74
4.2.1	Theoretische Prüfungen Q1-Q3	74
4.2.2	Warm-Up-Quizze WQ1-WQ5	77
4.2.3	Praktische Prüfungen P1 und P2	77
4.2.4	Korrelationsbetrachtung der subjektiven und objektiven Kompetenzeinschätzung.....	77
4.2.5	Auswirkungen der Vorbereitungszeit.....	78
5	Diskussion.....	80
5.1	Betrachtung der Kohorten.....	80
5.1.1	Diskussion der Grundeigenschaften der Studien- und Kontrollgruppe.....	80
5.2	Diskussion der subjektiven Daten.....	81
5.2.1	Tutorenbewertung	81
5.2.2	Evaluation des Kurses durch die Peer-Tutoren.....	81
5.2.3	Nutzungsverhalten der Medien und digitale Affinität der Studierenden.....	81
5.2.4	Nutzung der Ultraschalllehrmedien zur Kursvor- und nachbereitung ...	83
5.2.5	Motivation und Lernziele der Studierenden	83
5.2.6	Evaluation des Ultraschallkurs-Modells.....	85
5.2.7	Subjektive Kompetenzeinschätzung der Studierenden	86
5.2.8	Evaluation der eingesetzten Lehrmedien	88
5.3	Diskussion der objektiven Daten.....	89
5.3.1	Theoretische Prüfungen	89
5.3.2	Praktische Prüfungen	93
5.3.3	Diskussion der Auswirkungen der Vorbereitungszeit auf die Prüfungsergebnisse.....	95

5.4	Diskussion der Lehrkonzepte in der Ultraschallausbildung mit Schwerpunkt Blended-Learning und Flipped-Classroom-Konzept.....	96
5.5	Diskussion unter Aspekt der Covid-19-Pandemie	98
5.6	Zukunftsperspektiven.....	99
5.6.1	Ausblick Ultraschallausbildung an der Universitätsmedizin Mainz	99
5.6.2	Ausblick Ultraschallausbildung allgemein.....	101
5.7	Limitationen.....	102
6	Zusammenfassung	104
7	Literaturverzeichnis	106
	Anhang.....	X
	Danksagung	XXIII
	Tabellarischer Lebenslauf	XXIV

Abkürzungsverzeichnis

AEEs	adaptive E-Learningumgebungen
BAQ-Fragen	One Best Answer-Fragen
CME-Punkte	Continuing Medical Education-Punkte
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
DivAN-Studie	digital vs. analog-Studie
DOPS	Direct Observation of Procedural Skills
E	Evaluation
eduroam	Education Roaming
eFAST	extended Focused Assessment with Sonography for Trauma
EFSUMB	European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology
ESR	European Society of Radiology
IQR	Interquartilsbereich
JGU	Johannes Gutenberg-Universität
KG	Kontrollgruppe
MC-Fragen	Multiple Choice-Fragen
MOOCs	Massive Open Online Courses
MTF-Fragen	Multiple True/False-Fragen
MW	Mittelwert
NKLM	Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin
OSAUS	Objective Structured Assessment of Ultrasound Skills
OSCES	Objective Structured Clinical Examinations
P	Praktische Prüfung
PBL	problembasiertes Lernen
POCUS	Point-of-Care-Ultraschall
Q	Quiz (theoretische Prüfung)
QR-Code	Quick Response Code
RFLK	Rudolf-Frey Lernklinik
SD	Standardabweichung
SG	Studiengruppe
SIGNATURE-Studie	Student-centred learning with near-peer tutoring compared with a standard faculty-led course for undergraduate training in abdominal ultrasound

SUSME Society of Ultrasound in Medical Education
TN Teilnehmer
UTAUT-Modell Unified Theory of Acceptance and Use of Technology-Modell
VSA-Fragen Very Short-Answer-Fragen
WFUMB..... World Federation of Ultrasound in Medicine and Biology
WINFOCUS..... World Interactive Network Focused on Critical Ultrasound
WQ Warm-Up-Quiz

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der eingesetzten Lehrformen und Lehrmedien im Humanmedizinstudium.....	8
Abbildung 2: Meilensteine der technischen Entwicklung (1, 2).....	12
Abbildung 3: Übersicht der eingesetzten Lehrmedien in der Ultraschallausbildung	17
Abbildung 4: Übersicht der verschiedenen Prüfungsformate in der Ultraschallausbildung	21
Abbildung 5: Blended-Learning-Modell	27
Abbildung 6: Flipped-Classroom-Modell	28
Abbildung 7: Chronologischer Ablauf der Dissertationsdurchführung und des Studienablaufs	36
Abbildung 8: Abfrageergebnisse zum Einsatz digitaler Lehrmedien sowie zur Weiterentwicklung digitaler Lehrmedien in der Ultraschallausbildung	37
Abbildung 9: Bewertungskriterien der Marktanalyse für Ultraschall-Apps und E-Learning-Plattformen.....	38
Abbildung 10: Studiendurchführung mit Erhebungszeitpunkten	41
Abbildung 11: Kursmodell des Ultraschallkurses nach dem Flipped-Classroom-Modell.....	43
Abbildung 12: Anleitung für die Teilnehmer zur Kursvorbereitung	44
Abbildung 13: Erarbeitung der Themenkomplexe im Stufenmodell	45
Abbildung 14: Auszug aus dem Arbeitsheft	47
Abbildung 15: Auszug aus dem Skript	48
Abbildung 16: Auszug aus dem Pathologieteil.....	49
Abbildung 17: Auszug aus dem E-Learning	50
Abbildung 18: Didaktische Unterschiede von Skript (links) und E-Learning (rechts) (1/2).....	54
Abbildung 19: Didaktische Unterschiede von Skript (links) und E-Learning (rechts) (2/2).....	55
Abbildung 20: Prüfungsreihenfolge (a) und Themen (b) der Praktischen Prüfungen	58
Abbildung 21: Flow Chart Diagramm der Studienpopulation (nach CONSORT)	63
Abbildung 22: Boxplot-Darstellung der Prüfungsergebnisse der theoretischen Tests	76

Abbildung 23: Boxplot-Darstellung der Gesamtpunktzahl der praktischen Prüfungen P1 zu Kursbeginn und der praktischen Prüfung P2 bei Kursende	77
Abbildung 24: Boxplot-Darstellung der Auswirkungen der Vorbereitungszeit auf die theoretischen und praktischen Prüfungsergebnisse	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Probleme und Lösungen bei der Entwicklung und Einführung von E-Learnings	14
Tabelle 2: Definierte Lernziele des Ultraschallkurses	42
Tabelle 3: Gegenüberstellung der Grundcharakteristika von Skript und E-Learning	51
Tabelle 4: Gegenüberstellung der Gliederung von Skript und E-Learning	51
Tabelle 5: Gegenüberstellung des inhaltlichen Aufbaus von Skript und E-Learning.	52
Tabelle 6: Gegenüberstellung der Gestaltung von Skript und E-Learning	53
Tabelle 7: Übersicht der Prüfungsformate.....	59
Tabelle 8: Baseline Tabelle (E1) mit Charakteristika der Studienpopulation (n=236)	64
Tabelle 9: Evaluationsergebnisse E1 zur Nutzung von Lehrmedien, Nutzung von Ultraschalllehrmedien sowie Zufriedenheit mit digitalen Lehrangeboten	66
Tabelle 10: Evaluationsergebnisse E2 zur Nutzung der Ultraschalllehrmedien zur Kursvorbereitung	67
Tabelle 11: Evaluationsergebnisse E1-E3 zu Motivation und Lernzielen der Studierenden.....	68
Tabelle 12: Evaluationsergebnisse E1- E3 der Motivation zur Ultraschallkursteilnahme bzw. Nachbereitung zu den verschiedenen Zeitpunkten	70
Tabelle 13: Evaluationsergebnisse E3 zu Ultraschallkurskonzept, Vorbereitungszeit und Theorievorträgen	70
Tabelle 14: Evaluationsergebnisse E3 zu Kurszufriedenheit und Tutorenbewertung	71
Tabelle 15: Evaluationsergebnisse E2 und E3 der Lehrmaterialien.....	73
Tabelle 16: Kursevaluation durch Tutoren	74
Tabelle 17: Ergebnisse der theoretischen Tests Q1-Q3 nach Itembereichen.....	75
Tabelle 18: Kompetenzzuwachs innerhalb der theoretischen Tests zu den Zeitpunkten T1 zu T2 sowie von T2 zu T3.....	75

1 Einleitung / Ziel der Dissertation

Das 21. Jahrhundert ist von digitalen Technologien geprägt (3, 4). Die neuen Medien und technischen Möglichkeiten verändern das Medizinstudium und den klinischen Alltag. Um die Lehre sowohl in der Hochschulausbildung als auch in der ärztlichen Weiterbildung zu verbessern, liegt die Zielsetzung auf dem sinnvollen Einsatz neuer Technologien (5-7).

Diese technische Entwicklung spiegelt sich auch im Fortschritt der Sonographie wider. Die Sonographie ist heutzutage fester Bestandteil der klinischen Diagnostik (8-11). Die Untersuchung ermöglicht eine zügige Ersteinschätzung und Diagnosestellung und trägt somit zu einer verbesserten Patientenversorgung bei (9, 11-15). Die Ultraschalldiagnostik ist eine strahlenfreie und finanziell erschwingliche Methode der bildgebenden Diagnostik (16). Eine theoretische und praktische Ausbildung ist notwendig, um Kompetenzen im Umgang mit Ultraschall zu erwerben. Es werden verschiedene Ansätze verfolgt, diese Ausbildung in das Studium der Humanmedizin zu integrieren (10, 15, 17-21). Auch die internationalen Fachgesellschaften befürworten die Einführung der Ultraschallausbildung während des Medizinstudiums (16, 17, 22-25). Die World Federation of Ultrasound in Medicine and Biology (WFUMB) schlägt zudem eine Kursstruktur unter Einbeziehung digitaler Lehrmedien vor (23).

Die Digitalisierung führt darüber hinaus zu einem Umbruch der Lehrkonzepte und der eingesetzten Lehrmedien. Studierende wünschen vermehrt den Einsatz digitaler Lehrformate und Lehrmedien (6, 21, 26). Das Feld der digitalen Lehrmedien umfasst sämtliche digitalen schriftlichen Informationsquellen, auf die über das Internet in Form von Lernplattformen, E-Books oder Dateien zugegriffen werden kann (3, 5, 6, 27). Darüber hinaus wurden zunehmend multimediale Formate entwickelt, allen voran das E-Learning-Format. E-Learnings sind digitale Technologien, die zur Wissensvermittlung eingesetzt werden und in der Nutzung eine hohe Zufriedenheit der Anwender¹ zeigen (28-33).

¹ Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird im Text das generische Maskulinum verwendet. Gemeint sind jedoch immer alle Geschlechter.

Die traditionellen Lehrkonzepte in Form von Vorlesungen, Seminaren und praktischen Kursen konkurrieren zunehmend mit sogenannten Flipped-Classroom- und Blended-Learning-Konzepten (8, 15, 16, 34-39). Beim Flipped-Classroom-Ansatz erfolgt die Vorbereitung selbstständig zuhause und wird durch eine anschließende vertiefende Präsenzphase ergänzt (5, 38, 40, 41). Das Blended-Learning-Konzept beruht auf einem Flipped-Classroom-Ansatz mit digitaler Vorbereitung zuhause (5, 38, 40, 41). Vorteile des Blended-Learnings sind ein individuelles Lerntempo und die Förderung aktiven Lernens während der Präsenzphase (5, 34, 41). Der Flipped-Classroom-Ansatz kann auch für die Ultraschallausbildung von Interesse sein, da er einen beschleunigten Kompetenzerwerb und eine effektivere Nutzung praktischer Ultraschallzeiten ermöglicht (31, 33, 42, 43).

Die Covid-19-Pandemie hat die Entwicklung und den Einsatz digitaler Lehrmedien sowie die Umsetzung von digital unterstützten Lehrformaten zusätzlich vorangetrieben (7, 26, 44-47). Während der Pandemie wurden zahlreiche digitale Lehrmedien und Lehrmodelle eingesetzt, um den Lehrbetrieb aufrechtzuerhalten (26, 39, 44-48).

Bei der Einführung neuer Lehrmedien und -modelle sollten die Vorteile anhand von evidenzbasierten Studien belegt werden. Solche Studien sind nicht nur bei der Einführung neuer Medikamente fundamental, sondern sollten auch im Rahmen einer evidenzbasierten Lehre Anwendung finden.

Die studentische Ultraschallausbildung an der Johannes Gutenberg-Universität (JGU) Mainz besteht seit 2017 und wurde seitdem kontinuierlich optimiert. Die Evaluationen der teilnehmenden Studierenden ergaben den eindeutigen Wunsch, digitale Lehrmedien im Humanmedizinstudium zu nutzen, insbesondere in der Ultraschallausbildung (21). Bisher wurden in der Ultraschallausbildung an der Universitätsmedizin Mainz Skripte zur Kursvorbereitung und -begleitung verwendet (49). Im Rahmen dieser Dissertationsarbeit wurde das Ziel verfolgt, ein neues digitales Lehrmedium (E-Learning) in der Ultraschallausbildung zu testen und ein Kurskonzept nach dem Blended-Learning-Modell zu etablieren.

Es gibt nur wenige Studien, die die Wirksamkeit digitaler und analoger Lehrmedien in der Ultraschallausbildung direkt vergleichen (15, 50-52). Diese Promotionsarbeit und die DivAN-Studie (digital vs. analog) wurden entwickelt, um dieser Fragestellung gezielt nachzugehen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird analysiert, ob der Einsatz eines inhaltlich äquivalenten Skripts oder E-Learnings im Rahmen eines Flipped-Classroom-Ultraschallkurses an der Universitätsmedizin Mainz zu gleichwertigen Ergebnissen im subjektiven und objektiven Kompetenzaufbau führt. Nebenfragen untersuchen die Bewertung der eingesetzten Lehrmedien Skript und E-Learning, deren Einfluss auf die Motivation der Studierenden, die Bewertung des Kurses durch Teilnehmer und Tutoren sowie das Nutzungsverhalten und die digitale Affinität. Die Ergebnisse sollen Erkenntnisse für eine Verbesserung der Ultraschalllehre liefern und Evidenz für den Einsatz und Nutzen verschiedener Lehrmedien schaffen.

Die DivAN-Studie umrahmte und begleitete somit einen vollständigen Kursablauf einschließlich der Kursvorbereitung.

Die Dissertation behandelt im ersten Teil die Ultraschallausbildung, Lehrkonzepte und Lehrmedien im Humanmedizinstudium und explizit in der Ultraschallausbildung. Der Stand der Forschung zum Einsatz unterschiedlicher Lehrmedien und Lehrmodelle sowie deren Vor- und Nachteile werden aufgezeigt. Zudem wird die Lehrsituation während der Covid-19-Pandemie beleuchtet.

Im zweiten Teil wird die DivAN-Studie detailliert, unter Erläuterung von Kursablauf, Lehrmedien und Prüfungsformaten, beschrieben.

Der dritte Teil der Arbeit präsentiert die Ergebnisse der DivAN-Studie. Zunächst werden die Evaluationsergebnisse vorgestellt, gefolgt von den theoretischen und praktischen Resultaten.

Anschließend werden die Ergebnisse im Kontext der Literatur und der Forschungsfragen diskutiert, wobei insbesondere auf den subjektiven und objektiven Kompetenzzuwachs sowie auf die Lehrkonzepte eingegangen wird.

2 Literaturdiskussion

Der Einsatz von Ultraschall als diagnostisches Tool im klinischen Alltag hat in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich zugenommen (8-11). Daher wird der Erwerb von Ultraschallkompetenzen immer bedeutender. Die Ultraschallausbildung bereits innerhalb des Humanmedizinstudiums zu integrieren, rückt an den Universitäten somit vermehrt in den Fokus (10, 15, 17-21).

Im folgenden Kapitel soll die Entwicklung der Ultraschallausbildung sowie die Entwicklung der eingesetzten Lehrformen- und -medien skizziert werden. Im weiteren Verlauf werden aktuelle Forschungsfragen und Studien dargelegt, die sich in den letzten Jahrzehnten bis heute mit Möglichkeiten der Wissensvermittlung (Lehrkonzepten) im Humanmedizinstudium und spezifischer mit der Ultraschalllehre beschäftigt haben. Dabei werden verschiedene Kursmodelle und Konzepte effektiven Lernens genauer betrachtet. Ein besonderer Schwerpunkt wird hierbei auf die Vor- und Nachteile sowie die Einbindung von analogen und digitalen Lehrmedien im Kontext der Sonographieausbildung gelegt. Abschließend wird auf die Lehre und Ultraschalllehre im Humanmedizinstudium während der Covid-19-Pandemie eingegangen.

2.1 Entwicklung und Bedeutung der Ultraschallausbildung im Humanmedizinstudium

In den letzten Jahren ließ sich eine zunehmende Anzahl an Veröffentlichungen zur Ultraschallausbildung beobachten (17). Das gesteigerte Interesse an der Ultraschallausbildung im Studium ist auf die wachsende Bedeutung des Point-of-Care-Ultraschalls (POCUS) als Diagnostikum in der Klinik, den Fortschritt der Ultraschalltechnologie sowie die vermehrte Verfügbarkeit zurückzuführen (9, 12-14). Der POCUS-Ultraschall ist eine fokussierte Ultraschalluntersuchung mit deren Hilfe spezifische diagnostische Fragestellungen beantwortet werden können (12, 17, 37, 42, 53). Beaulieu und Laprise et al. betonen den diagnostischen Wert der Ultraschalluntersuchung, die zu einer Verbesserung der Patientenversorgung führe

und geben gleichzeitig zu bedenken, dass Ultraschalluntersuchungen untersucherabhängig und daher eine korrekte Schulung wichtig sei (13, 54-56).

Die Ultraschallausbildung im Lehrplan für Medizinstudierende tauchte international erstmals in den 1990er Jahren auf (17). In Deutschland wurde 1996 an der Medizinischen Hochschule Hannover ein Ultraschallkurs im Rahmen des makroskopischen Anatomieunterrichts angeboten, der zu einem verbesserten Anatomieverständnis führte (57). Auch weitere Universitäten setzten Ultraschall im Anatomieunterricht als effektives Lehrmittel ein (16, 37, 58). Neben der durch den Ultraschallkurs vermittelten Motivation sich weiter mit Anatomie auseinanderzusetzen, konnte auch eine Zunahme der allgemeinen Motivation für das Studium beobachtet werden (16, 37, 58-60). Die Universität South Carolina gehörte 2006 zu den ersten Universitäten, die die Einführung der Ultraschalllehre in den Lehrplan ausführlich dokumentierte (12). Hier wurde ein integrierter Ultraschalllehrplan über das gesamte Studium (vier Jahre) eingeführt (12). Das Kursmodell umfasste webbasierte Lernmodule, Vorlesungen und praktisches Training sowie verschiedene Testformate (Online und Schriftliche Tests, Objective Structured Clinical Examinations (OSCES)) (12). In den eingesetzten Online-Evaluationen konnte beobachtet werden, dass die Mehrheit der Studierenden (90%) angab, die Ultraschallausbildung verbessere ihre allgemeine medizinische Ausbildung (12).

In der Vergangenheit zeigte sich bei verschiedenen Abfragen der Studentenschaft der Wunsch, die Ultraschallausbildung in das humanmedizinische Curriculum zu integrieren (8, 9, 15, 49, 58, 61, 62). Neben dem POCUS-Kompetenzzuwachs konnte durch die Ultraschallausbildung zusätzlich ein Kenntnissgewinn im vorklinischen Bereich (Anatomie und Physiologie) sowie eine Verbesserung der Fähigkeiten bei der körperlichen Untersuchung festgestellt werden (24, 37).

Im Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog Medizin (NKLM) aus dem Jahr 2015 wird die Ultraschalluntersuchung unter dem Absatz „diagnostische Verfahren“ als ärztliche Kompetenz aufgeführt (63). Der Lernzielkatalog wird stetig überarbeitet und soll in Zukunft in Deutschland als verbindliche Grundlage für die neue ärztliche Approbationsordnung dienen (63, 64).

Insgesamt präsentiert sich ein heterogenes Bild bei der Einführung der Ultraschallausbildungs-Programme im Humanmedizinstudium und in der Weiterbildung (25). In Deutschland wie auch international lässt sich das Bestreben

feststellen, die Ultraschallausbildung als festen Bestandteil im Humanmedizincurriculum zu etablieren (17, 22, 24). Die Implementierung von Ultraschall-Lehrinhalten in die Curricula ist noch nicht an allen Hochschulstandorten vollständig umgesetzt (65). Nach Cantisani und Dietrich et al. gehört die Ultraschallausbildung zu den zuletzt eingeführten Kursen im Ausbildungscurriculum des Humanmedizinstudiums (22, 24).

Eine europaweite Umfrage zur Ultraschallausbildung an insgesamt 46 Universitäten aus 17 Ländern im Jahr 2020 ergab, dass diese bei 87% der Universitäten (40/46 Universitäten) in das Curriculum integriert wurde (65). Bei 17% (8/46 Universitäten) wurde Ultraschall im Rahmen des Anatomieunterrichts bzw. bei 35% (16/46 Universitäten) im Rahmen der naturwissenschaftlichen Grundkurse eingebunden (65). Praktische Ultraschallfertigkeiten wurden an 56% der Universitäten (26/46 Universitäten) vermittelt (65).

Zu den Faktoren, die die Integration der Ultraschallausbildung in den Lehrplan behindern, zählen ein Mangel an Lehrkräften, Schallmodellen, vorhandenen Ultraschallgeräten, wenig Freiräume im Lehrplan sowie begrenzte finanzielle Mittel der Universitäten (37, 65).

Auch Fachgesellschaften wie die European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB), die European Society of Radiology (ESR), die Society of Ultrasound in Medical Education (SUSME), die World Interactive Network Focused on Critical Ultrasound (WINFOCUS) sowie die World Federation of Ultrasound in Medicine and Biology (WFUMB) beschäftigen sich mit der Implementierung von Ultraschall-Lehrinhalten innerhalb des Medizinstudiums und geben hierzu Empfehlungen (16, 17, 22-25).

Die Ultraschallgesellschaft EFSUMB empfahl 2016, Ultraschall in die Lehrpläne der Universitäten aufzunehmen (22, 23). Die Organisation veröffentlichte zudem verschiedene frei zugängliche Lehrmedien (siehe Abschnitt 2.2.2.3) (22).

Die ESR schlug 2020 die Etablierung eines auf europäischer Ebene anerkannten Kernlehrplans bzw. Schulungsprogramms für die Ultraschallausbildung vor (24, 25).

Die globale Einführung einer Ultraschallausbildung im Humanmedizin-Lehrplan wurde von den Ultraschallgesellschaften SUSME und WINFOCUS im Rahmen mehrerer evidenzbasierter Konsensuskonferenzen diskutiert (17). Hierzu wurde 2022 eine Empfehlung für einen globalen Ultraschalllehrplan für Medizinstudierende im

Grundstudium veröffentlicht (17). Dadurch soll eine Standardisierung der Ultraschallausbildung gefördert werden (16). Die WFUMB richtete zudem eine Task Force ein, die sich mit der Entwicklung und Verbreitung von E-Learning-Materialien und webbasierten Simulationen beschäftigt (23).

Zusammenfassend können als Lösungsstrategien zur Einführung der Ultraschallausbildung im Humanmedizinstudium ein Peer-Teaching-Ansatz, die Nutzung von Pocket-Geräten sowie ein Flipped-Classroom-Modell mit Nutzung eines E-Learnings erwogen werden (37).

Beim Peer-Teaching-Ansatz unterrichten ausgebildete oder erfahrene Studierende andere Studierende (Peer-to-Peer) (15, 37). Dieses Modell stellt mittlerweile eine etablierte Möglichkeit der Ultraschallausbildung für Studierende dar (16, 66, 67). Zwischen Peer-Teachers und ärztlichen Dozierenden konnte kein signifikanter Unterschied des vermittelten Wissenszuwachses der Studierenden ausgemacht werden (68). Die Effektivität und das Niveau der Wissensvermittlung waren dem Unterricht durch ärztliche Dozierende nicht unterlegen (66, 68-71).

2.2 Lehrformen und -medien im Humanmedizinstudium und in der Ultraschallausbildung und deren zeitlicher Wandel

2.2.1 Lehrformen und -medien im Humanmedizinstudium

2.2.1.1 Überblick

In der Literatur zur medizinischen Ausbildung und den eingesetzten didaktischen und pädagogischen Methoden werden Begriffe wie Lehrformen, Lernformen, Lehrmedien, Lehrmaterialien, Lehrmethoden, Lehrformate, Unterrichtsformate, Ausbildungsformate, Ausbildungscurricula oder Veranstaltungsformen verwendet. Dabei herrscht eine große Heterogenität in den Definitionen der jeweiligen Begrifflichkeiten. In dieser Arbeit werden die Begriffe Lehrformen und Lehrmedien verwendet. Die verschiedenen Lehrformen und Lehrmedien werden letztlich zu einem Lehrkonzept/-modell zusammengesetzt. Eine detaillierte Abhandlung zu den Lehrkonzepten findet sich in Abschnitt 2.4.

Zu den theoretischen Lehrformen zählen nach Kollwe und Sennekamp et al. unter anderem Vorlesungen, Seminare und Workshops, zu den praktischen Lehrformen

beispielsweise Workshops, Unterricht am Krankenbett (Bedside-Teaching), Praktika oder Training am Simulator (72). Ergänzend soll an dieser Stelle angemerkt werden, dass Seminare traditionell als Präsenzseminare oder aber auch als Online-Seminare abgehalten werden können.

Die Lehrmedien unterteilen sich in analoge und digitale Lehrmedien. Beispiele für analoge Lehrmedien sind Tafelbilder, Poster, Lehrbücher, Skripte oder Handouts. Zu den digitalen Lehrmedien gehören unter anderem E-Learnings oder Online-Lernportale (72, S. 69-71).

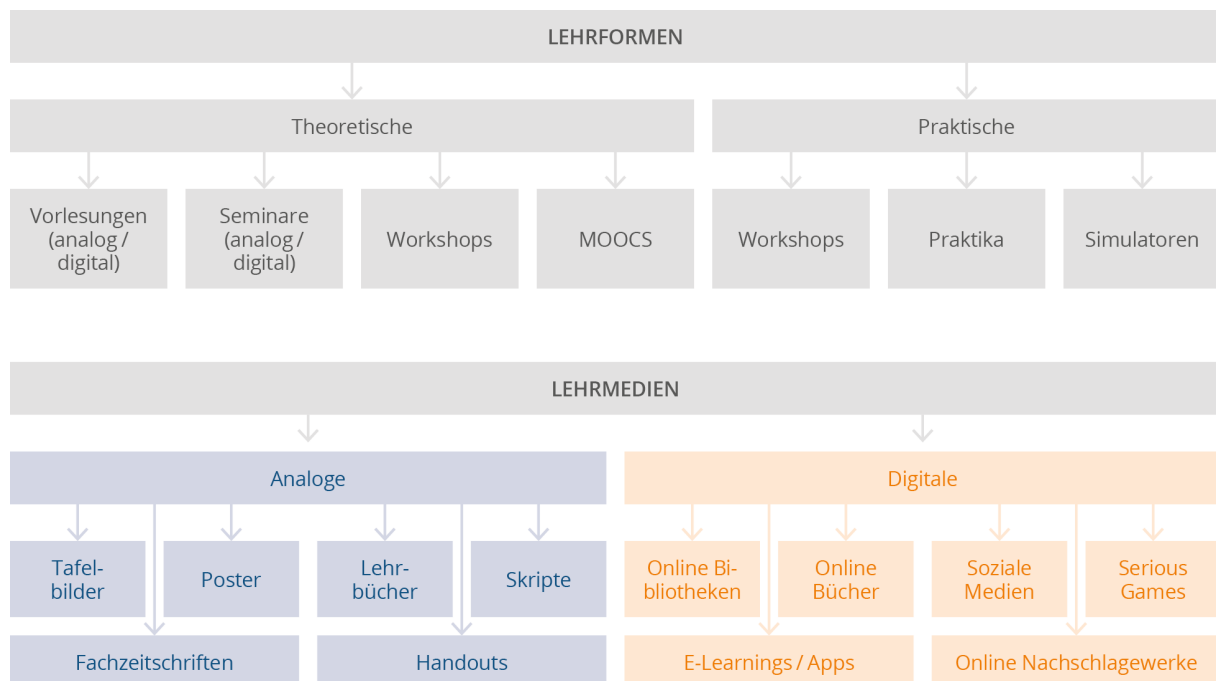


Abbildung 1: Übersicht der eingesetzten Lehrformen und Lehrmedien im Humanmedizinstudium modifiziert nach Kollwe und Sennekamp et al. (72)
MOOCS = Massive Open Online Courses

2.2.1.2 Lehrform Vorlesung und begleitende Lehrmedien

Das Vorlesungsmodell wird seit über 4000 Jahren zur Wissensvermittlung eingesetzt (72, S. 47) und ist auch im 21. Jahrhundert eine weit verbreitete Lehrform im Humanmedizinstudium (8, 16, 41, 73). Vorlesungen dienen der Vermittlung theoretischer Inhalte (Faktenwissen) und werden in der ärztlichen Approbationsordnung wie folgt definiert: „Die Vorlesung ist eine zusammenhängende Darstellung und Vermittlung von wissenschaftlichen und methodischen Kenntnissen durch den Vortrag von Lehrkräften (74). Sie kann auch in digitaler Form durchgeführt werden.“ (74). Lehrmedien, die insbesondere in der Vergangenheit

vorlesungsbegleitend genutzt wurden, waren zum Beispiel Kreidetafelbilder, Poster, Diaprojektoren und Tageslichtprojektoren, Bücher, Atlanten sowie Whiteboards, Fernseher, Videorekorder oder DVD-Player (35, 75). Heutzutage werden Vorlesungen überwiegend mithilfe von Bildschirmpräsentationen im PowerPoint- oder PDF-Format gehalten und per Videoprojektor übertragen (5, 35, 75). Darüber hinaus finden Vorlesungen heute oft digital statt und werden über Videokonferenz-Softwares wie beispielsweise MS Teams (Microsoft Teams, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) oder Zoom (Zoom Video Communications, San Jose, CA, USA) abgehalten (76, 77). Zusätzlich bieten Videoaufzeichnungen der Vorlesungen die Möglichkeit eines flexiblen Zugriffs (78). Über hochschulinterne Online-Plattformen (z.B. Moodle (Moodle Pty Ltd., Perth, Australien)) ist es darüber hinaus in der Regel möglich auf das verwendete Vorlesungsmaterial zuzugreifen (5, 35). Zudem erhalten die Studierenden oftmals Handouts mit den Vorlesungsfolien oder einer Zusammenfassung der Vorlesung (72, S. 53).

Die in der Vergangenheit im Frontalunterricht (z.B. Vorlesungen) verwendeten Lehrmedien wurden primär unterrichtsbegleitend eingesetzt (35, 75). Die neuen digitalen Lehrmedien stehen vermehrt im Mittelpunkt von Lehrveranstaltungen (3). Durch digitale Tools, sogenannte Audience Response Systeme mithilfe von „Clickern“ oder Smartphone-Applikationen, werden Studierende in die Vorlesungen eingebunden und eine Interaktion zwischen ihnen und den Dozierenden erreicht (79, 80). Mittels Echtzeitfeedback können Studierende beispielsweise mit der App „Mentimeter“ (Mentimeter AB, Stockholm, Schweden) oder „Kahoot!“ (Kahoot! AS, Oslo, Norwegen) an Quizen teilnehmen (81).

Das Vorlesungsmodell ist ein in der Literatur viel diskutiertes Modell. Bei dieser Lehrform wird oftmals die passive Rolle der Studierenden sowie die Abnahme der Aufmerksamkeit über die Vorlesungsdauer kritisiert (72, S. 47-48, 82). Ferner wird argumentiert, dass Faktenwissen auch anderweitig (z.B. durch Bücher) erworben werden kann (72, S. 47-48). Als positive Aspekte von Vorlesungen gelten die Strukturierung komplexer Sachverhalte und deren Einordnung in den Gesamtkontext durch die Dozierenden sowie das Wecken von Motivation und Interesse für einen Themenkomplex (72, S. 48). Die Qualität der Vorlesung ist dozentenabhängig (72, S. 53, 83).

2.2.1.3 Weitere Lehrformen

Weitere Lehrformen sind Seminare und Workshops, welche den theoretischen Lehrformen zuzurechnen sind, während praktische Lehrformen die Lehre am Patientenbett, Praktika und den Einsatz von Schauspielpatienten umfassen (72, S. 53-68). In Seminaren wird der Lehrstoff vertieft und häufig anwendungsbezogen wiederholt (72, S. 53-55, 74). Seminare zeichnen sich zudem durch eine kleine Teilnehmeranzahl (maximal 20 Teilnehmer) aus (74). Bei dieser Lehrform liegt der Fokus auf einem interaktiven Modell und dem Erfahrungsaustausch der Teilnehmenden (72, S. 55). Im Studium der Humanmedizin finden Workshops beispielsweise im Rahmen von Skills Lab Kursen statt (84). Skills Labs (engl. „Skills Laboratory“ = Fertigkeitenlabore) sind Räumlichkeiten, in denen klinikrelevante praktische Inhalte unterrichtet und von den Studierenden an Modellen geübt werden (84).

Die praktische Wissensvermittlung erfolgt heute noch durch Unterricht am Krankenbett, auch bekannt als „Bed-Side-Teaching“ (72, S. 56). Hierbei wird die Arzt-Patienten-Kommunikation sowie die Durchführung einer körperlichen Untersuchung geschult (72, S. 56). Die Rahmenbedingungen wie beispielsweise ein kleines Zimmer, die Anwesenheit anderer Patienten oder das Nichtantreffen der Patienten sowie die Organisation und Auswahl des Patienten - können erschwerende Faktoren darstellen (72, S. 56).

Darüber hinaus sammeln die Studierenden im Rahmen von Praktika oder Blockpraktika praktische Erfahrungen (72, S. 57). Der Unterricht erfolgt hier eingebunden in den klinischen Alltag (72, S. 57). Oft begleitet der Studierende den zuständigen Arzt (72, S. 57). Die Vorteile dieser Lehrform liegen in der 1:1-Betreuung und dem direkten Patientenkontakt (72, S. 57). Dieses Modell hängt jedoch stark vom Engagement, der Belastung und den didaktischen Fähigkeiten des zugeteilten Arztes ab (72, S. 57).

In der praktischen Ausbildung werden zudem standardisierte Patienten, sogenannte Schauspielpatienten eingesetzt (35, 85). Diese imitieren eine Patientenrolle anhand einer festgelegten Fallvignette (35, 85). Die Studierenden können bei dieser Interaktion unter anderem die ärztliche Gesprächsführung einüben, wie beispielsweise das Mitteilen schwerer Diagnosen oder den Umgang mit psychisch kranken Patienten (85). Durch dieses Format konnte ein signifikanter Lernzuwachs beobachtet werden (72, S.

65). Allerdings ist der Einsatz von Schauspielpatienten mit einem hohen Planungs- und Kostenaufwand verbunden (85).

2.2.1.4 Analoge Lehrmedien

Ein Wendepunkt der Wissensvermittlung war die Erfindung des Buchdrucks durch Johannes Gutenberg um 1450 (35). Bücher konnten durch diese Erfindung schneller und kostengünstiger vervielfältigt und Wissen leichter verbreitet werden (35). Die Studierenden waren nicht mehr zwangsläufig auf einen direkten Dozenten- oder Patientenkontakt angewiesen, um sich weiterzubilden (35). Durch die Einbindung von Abbildungen, die im Verlauf der Jahre farbig wurden, veränderten sich die Lehrbücher zunehmend (35). Zu den heutzutage im Humanmedizinstudium eingesetzten Printmedien gehören ferner Zeitschriften, Zeitungen, Skripte, Handouts, Arbeitsblätter und Poster.

2.2.1.5 Meilensteine der Digitalisierung

Entscheidende historische Meilensteine in der Digitalisierung der Lehre waren die Erfindung des Computers im Jahr 1941 (75) und die Erfindung des World Wide Webs in den 1990er Jahren (86). Die heute alltägliche Nutzung von Computern und des Internets (World Wide Web) führten zu einem Paradigmenwechsel und neuen technischen Möglichkeiten der Wissensvermittlung (3, 4).

In den vergangenen Jahren hat sich der Wunsch nach einer Veränderung des traditionellen Humanmedizinstudiums verstärkt (46, 87). Insbesondere der Einsatz digitaler Lehrmedien wurde forciert (5-7). Im Jahr 2016 veröffentlichte die Kultusministerkonferenz ein Handlungskonzept zum Thema Digitalisierung und Bildung, das Empfehlungen für die Hochschulen umfasste (88). Ein weiterer Beschluss der Kultusministerkonferenz zur Digitalisierung an den Hochschulen folgte 2019 (89). Die Digitalisierung wurde auch in Krankenhäusern durch das Krankenhauszukunftsgesetz gefördert (90).

Die technische Infrastruktur an den Hochschulen in Deutschland wurde 2014/2015 in einer Abfrage von Studierenden im Rahmen des Hochschulforums Digitalisierung erhoben (91). Die Humanmedizinstudierenden bewerteten anhand einer Notenskala

(1 = sehr gut, 6 = sehr schlecht) die abgefragten Punkte Hardware, Verfügbarkeit, Software und WLAN alle mit der Note gut (91).

Gilch und Beise et al. beobachteten in Hochschulbefragungen eine Diskrepanz zwischen dem hohem Stellenwert der Digitalisierung und dem Status quo der Digitalisierung (92).



Abbildung 2: Meilensteine der technischen Entwicklung (1, 2)

2.2.1.6 Digitales Lehrmedium E-Learning

Im Folgenden werden das Lehrmedium E-Learning sowie weitere digitale Lehrmedien und Lehrformen näher beleuchtet. In der Literatur finden sich unterschiedliche Definitionen für den Begriff E-Learning (engl. „electronic learning“ = elektronisch unterstütztes Lernen) (28). Die Bezeichnung E-Learning findet seit 1980 Verwendung (86). In den vergangenen 40 Jahren wurde der Begriff nach Lewis und Cidon et al. für verschiedene Lehrformate (z.B. Fernunterricht, webbasiertes Lernen, computerbasiertes Lernen, virtuelles Lernen, Online-Lernen, mobiles Lernen) genutzt (86).

Sangrà und Vlachopoulos et al. erarbeiteten mit Experten nach der Delphi-Methode eine E-Learning Definition (28). Sie beleuchteten die unterschiedlichen Perspektiven von E-Learnings als Technologie, Zugangsweg zu Wissen, Kommunikations- bzw. Interaktionsmedium sowie als neuen Bildungsgrundsatz (28). Schlussendlich formulierten sie folgende Definition:

„E-learning is an approach to teaching and learning, representing all or part of the educational model applied, that is based on the use of electronic media and devices as tools for improving access to training, communication and interaction and that facilitates the adoption of new ways of understanding and developing learning.“ (28)

In dieser Arbeit umfasst der Begriff E-Learning die Definitionen von Fischer und Ruiz, Sangrà und Vlachopoulos et al. und Mintzer et al. (28-30). E-Learnings sind digitale Technologien, die zur Wissensvermittlung im Rahmen von Lernprozessen eingesetzt werden (28-30).

Das Lehrmedium E-Learning wurde initial primär zur Bereitstellung von Lehrmaterialien genutzt (30, 93). Über die Zeit entwickelten sich zunehmend interaktive Plattformen (3). E-Learnings sind meist multimedial aufgebaut, das bedeutet, es werden verschiedene Medien, wie Texte, Graphiken, Videos, Audiodateien oder Animationen eingesetzt (30).

Vorteile des E-Learnings sind die zeit- und ortsunabhängige Nutzung (3, 16, 27, 86, 94, 95) und die Möglichkeit eines individuellen Lerntempos für die Anwender (6, 16, 95). Neben der Verwendung von E-Learnings am Computer können diese heute ebenfalls auf mobilen Endgeräten wie Smartphones und Tablets verwendet werden, was zu räumlicher und zeitlicher Flexibilität führt (4). Zudem entlasten E-Learnings die Dozierenden und können den Personalmangel in der Lehre abfangen (27, 96). Nachteile des Lehrmediums sind die fehlende Interaktion mit den Dozierenden, fehlende Möglichkeiten praktischer Erfahrung sowie technische Probleme (6, 27, 97). Darüber hinaus erfordert die Nutzung eines E-Learnings Eigeninitiative bzw. Selbstdisziplin (3, 6).

In verschiedenen Studien erzielte der Einsatz von E-Learnings im Vergleich zu konventionellen Formaten gleiche oder bessere Lernergebnisse (32, 50-52, 98-101). Forschungsergebnisse im Bereich der Kognitionswissenschaften ergaben, dass Online-Lehrmedien für die neuronale Verarbeitung im Lernprozess ein geeignetes Medium darstellen (86).

O'Doherty und Dromey et al. arbeiteten in einer Übersichtsarbeit Gründe heraus, die die Entwicklung und Einführung von E-Learnings erschweren (102). Neben mangelnden technischen Fähigkeiten und Zeitmangel der Dozierenden (102, 103) wurden Schwierigkeiten mit der Technik und fehlende Infrastrukturen der Institutionen beschrieben (102, 104, 105). Überdies wurde eine schlechte Kommunikation innerhalb der Institute (102, 106) und eine ablehnende Haltung der Dozierenden gegenüber technischen Neuerungen angegeben (102, 107). Die Autoren lieferten für die geschilderten Probleme Lösungen, die der folgenden Tabelle (siehe Tabelle 1) entnommen werden können (102).

Tabelle 1: Probleme und Lösungen bei der Entwicklung und Einführung von E-Learnings nach O'Doherty und Dromey et al. (102)

Probleme	Lösungen
Mangelnde technische Fähigkeiten der Dozierenden (103)	Beschäftigung mit E-Learnings und Entwicklung von diesen (103)
Zeitmangel der Dozierenden (103)	Zeitersparnis für Dozierende durch Einführung von E-Learnings (108)
Ablehnende Haltung der Dozierenden gegenüber technischen Neuerungen (107)	Positive Einstellung und institutionelle Unterstützung bzw. Strategie (104, 105, 108, 109)
Probleme mit Technik / fehlende Infrastrukturen der Institutionen, insbesondere in Entwicklungsländern (104, 105)	Durch Investitionen langfristige Kosteneinsparungen für Institutionen im Vergleich zu Unterricht in Präsenzkursen, sowie höhere Teilnehmerzahlen möglich (109)
Schlechte Kommunikation innerhalb der Institutionen (106)	Zusammenarbeit fördern (104)

In den letzten Jahren wurden zunehmend E-Learnings entwickelt, die digitale Lerndaten sammeln und anhand dieser ein personalisiertes Lernen ermöglichen (110). Diese datensammelnden E-Learnings werden in der Literatur als „Learning Analytics“ oder adaptive E-Learningumgebungen (AEEs) bezeichnet (110). Bis jetzt wurden AEEs hauptsächlich für Studierende der Mathematik, Physik und verwandter Disziplinen entwickelt und evaluiert (110).

2.2.1.7 Weitere digitale Lehrmedien

Inzwischen haben sich an den Universitäten uniinterne Lernplattformen bzw. Lernmanagementsysteme (z.B. Moodle oder ILIAS (ILIAS Open Source e-Learning e.V., Köln, Deutschland)) etabliert (6). Neben Möglichkeiten zur Kursorganisation und einem Informationsaustausch über Nachrichtenfunktionen werden Lehrinhalte (z.B. Präsentationen, Veröffentlichungen, Vorlesungsvideos, Lehrvideos als Tutorial, E-Learnings) zur Verfügung gestellt (3, 5, 6).

Darüber hinaus nutzen Studierende zum Wissenserwerb Online-Lernportale (z.B. Amboss (Amboss GmbH, Berlin, Deutschland) oder via medici (Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, Deutschland) (5)), Online-Nachschlagwerke, Online-Bücher (z.B. als eRef von Thieme (27, 111)), Online-Zeitschriften (6) und Apps (112). Die Universitäten ermöglichen den Studierenden den Zugang für diese Online-Angebote oft kostenlos über Lizenzen (112). Durch große organisierte Online-Bibliotheken (z.B. Pubmed) kann zudem auf eine Vielzahl an wissenschaftlichen Publikationen zurückgegriffen werden (87, 113).

Plattformen wie beispielsweise YouTube (YouTube, LLC, San Bruno, CA, USA) oder andere soziale Netzwerke (z.B. Instagram (Instagram, LLC, Menlo Park, CA, USA), Facebook (Meta Platforms Inc., Menlo Park, CA, USA)) bieten den Nutzern außerdem die Möglichkeit, Inhalte zu verbreiten und zu konsumieren sowie an einem interaktiven Austausch teilzunehmen (5, 16, 36, 114). Diese Medien und die dazugehörige Lehrform werden dem informellen Lernen zugeordnet (3, 5). Informelles Lernen umfasst Lehrformate und Medien, die keiner Standardisierung, Strukturierung oder Qualitätssicherung unterliegen und nichtintentional ablaufen (115).

Ein weiteres modernes Lehrmedium sind Serious Games (for Health). Hier wird in virtuellen Computerspielen dem Nutzer fachlicher Inhalt spielerisch vermittelt (5).

Generell sollte beachtet werden, dass die im Internet zur Verfügung gestellten Inhalte oftmals keiner Überprüfung unterliegen und die inhaltliche Korrektheit somit nicht vorausgesetzt werden kann (95). Andererseits ermöglichen digitale Medien eine ständige Aktualisierung der Inhalte sowie die Anpassung an die neusten wissenschaftlichen Erkenntnisse (30).

In einer 2016 veröffentlichten Studie des Hochschulforums Digitalisierung wurden über 27.000 Studierende in Deutschland zur Nutzung digitaler Medien befragt, darunter auch 4.787 Humanmedizinstudierende (91). Die Studierenden der Humanmedizin nutzten digitale Texte mit einer Häufigkeit von 97%, digitale Präsentationstools (z.B. PowerPoint-Präsentationen) mit einer Häufigkeit von 94%, E-Mails mit einer Häufigkeit von 91% und soziale Netzwerke mit einer Häufigkeit von 89% (91). Weiterhin wurden häufig E-Klausuren und E-Übungen sowie fachspezifische Datenbanken, Videos und sogenannte „Wikis“ eingesetzt (91). Insgesamt schlussfolgern die Autoren, dass im Studium oft nur wenige digitale Lehrmedien verwendet wurden, unabhängig vom Alter der Studierenden. Zudem beobachteten sie große fach- und hochschulabhängige Differenzen in der Nutzung (91).

2.2.1.8 Bewertung digitaler Lehrmedien

Um die Akzeptanz von digitalen Lehrmedien zu bewerten, hat sich das UTAUT-Modell (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology-Modell) etabliert (97, 116-119). Dieses betrachtet die Faktoren Leistungserwartung, Aufwandserwartung, soziale Einflüsse und unterstützende Rahmenbedingungen (119). Anhand dieser Parameter

lässt sich auf die Nutzungsabsichten und schlussendlich das tatsächliche Nutzungsverhalten bzw. die Akzeptanz des E-Learnings schließen (116-119). Zudem werden die sogenannten „Moderatorvariablen“ Geschlecht, Alter, Erfahrung und Freiwilligkeit der Nutzung berücksichtigt (119).

2.2.1.9 Digitale Lehrformen

Zu den digitalen Lehrformen gehören unter anderem die Massive Open Online Courses (MOOCs) (5, S. 70, 27, 72). Diese lösten laut Deimann ab 2011 einen „Hype“ aus, der zuletzt abflachte (120). Die Online-Kurse werden mit unbegrenzter Teilnehmerzahl angeboten und finden an festgelegten Terminen über mehrere Wochen kostenlos statt (5, 16). Häufig werden Lernclips, Screencasts oder aufgezeichnete Vorlesungen verwendet (5, 33, 120, 121). In speziellen Foren ist ein Austausch mit Dozierenden möglich (16, 72, S. 70).

Auch Online-Seminare haben sich als neue digitale Lehrform etabliert. Sie werden mithilfe von Videokonferenzsystemen abgehalten und finden live bzw. synchron statt (122). Diese Seminare bieten einen interaktiven Seminarrahmen für Studierende und Dozierende bedingt durch die Möglichkeit den Bildschirm zu teilen, durch Chatfunktionen oder andere multimediale Tools (122). Möglich ist eine Aufzeichnung der Online-Seminare und dadurch eine Nutzung durch Studierende, die nicht in Echtzeit an der Veranstaltung teilgenommen haben (122).

Des Weiteren werden an den Universitäten virtuelle Patienten eingesetzt (z.B. CASUS (INSTRUCT GmbH, München, Deutschland)) (115, 123-125). Hierbei werden Patientenfälle und Untersuchungsergebnisse (z.B. Auskultation, Hautbefund) mithilfe einer Software dargestellt (123). Die Verwendung virtueller Patienten ermöglicht darüber hinaus die Simulation seltener Erkrankungen (115). Ferner kann diese Lehrform als Ersatz des Bedside-Teachings genutzt werden (115, 123). Somit führt diese Methode zu einer Reduktion des Studenten-Patientenkontakts und damit zu einer Entlastung der Patienten im Krankenhaus (115). Auch auf das studentische Engagement hat der Gebrauch virtueller Patienten positive Auswirkungen (115, 126).

Inzwischen werden auch Simulationen zum praktischen Training eingesetzt. Unter Verwendung von Puppen bzw. einfachen oder komplexen technischen Modellen werden praktische Szenarien (z.B. das Legen von Zugängen, Reanimationen,

Intubationen) geübt (6, 112). Die Simulatoren werden überwiegend in Skills Labs zur Verfügung gestellt (6). Diese Lehrmethode bietet eine fehlerverzeihende Umgebung, sodass keine Gefährdung von Patienten stattfindet (6, 112). Studien zeigten, dass Übungen mit Simulatoren im Vergleich zu keinem Interventionstraining signifikant bessere Lerneffekte erbrachten (112).

2.2.2 Lehrformen und -medien in der Ultraschallausbildung

2.2.2.1 Übersicht

In der Ultraschallausbildung werden diverse Lehrmedien (siehe Abbildung 3) und unterschiedliche Lehrformen eingesetzt. Diese können zum Selbststudium sowie zur Vor- und Nachbereitung eines Ultraschallkurses verwendet werden. Zu den analogen Lehrmedien gehören beispielsweise Skripte, Bücher, Pocketkarten oder Poster. Heutzutage etabliert sich vermehrt der Einsatz digitaler Lehrmedien wie z.B. E-Books, Videos, Online-Atlanten/Fallarchive (Atlas), Apps, Lernwebseiten, Nachschlagewerke und E-Learnings (16). Bei einer Umfrage von Weimer und Kuon et al. im Zeitraum von 2018 bis 2022 äußerten Medizinstudierende (n=1.759) und Ärzte (n=176) eine positive Einstellung gegenüber digitalen Lehrmedien in der universitären und Ultraschallaus- und Weiterbildung (21). In der Ultraschallausbildung werden zunehmend Blended-Learning- oder Flipped-Classroom-Kursmodelle genutzt, die in Abschnitt 2.4.2 ausführlich erörtert werden (8, 15, 16, 34, 37, 127).

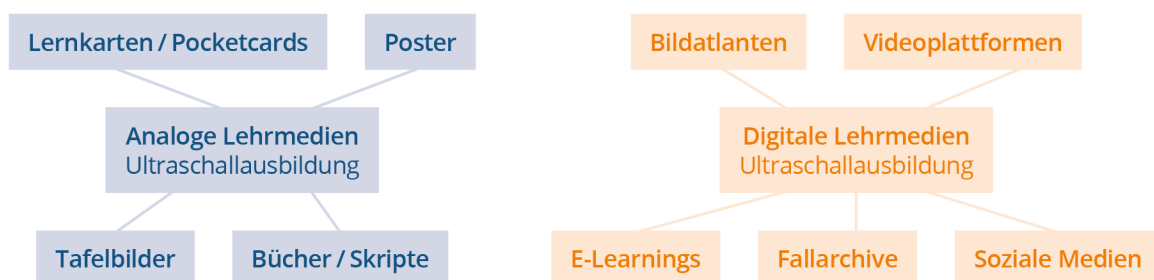


Abbildung 3: Übersicht der eingesetzten Lehrmedien in der Ultraschallausbildung

2.2.2.2 Lehrformen

Zur Vermittlung von Ultraschallinhalten wird auf die traditionellen Lehrformen Vorlesungen, Seminare und Fallbeispiele zurückgegriffen (16, 25). In praktischen Unterrichtseinheiten finden Simulatoren (25, 42, 128-131), Live-Vorschallen (132,

133), Gerätelearnsoftwares (134) sowie Schallen am Modell/Probanden als sogenanntes Hands-On-Training, Anwendung (33, 42). Ferner existieren Ultraschallsimulationen, bei denen Smartphone und Tablet die Funktionen des Ultraschallgerätes simulieren und von zuhause aus das Üben von Ultraschall ermöglichen (135).

In Online-Seminaren werden theoretisches Wissen vermittelt und praktische Tätigkeiten demonstriert, ohne dass eine direkte bzw. persönliche Betreuung der Teilnehmer notwendig ist (16). Beispielsweise bietet die EFSUMB Online-Seminare mit Experten an, die aufgezeichnet werden und anschließend über eine Internetseite abrufbar sind (136, 137).

2.2.2.3 Analoge Lehrmedien

Neben Ultraschallbüchern und uniinternen Skripten greifen Studierende zunehmend auf E-Books zurück (25, 138). Während Ultraschall-Videomaterial früher auf CDs/Datenträgern als Anhang in Büchern zur Verfügung gestellt wurde (138, 139), finden sich heute in den Printmedien QR-Codes (Quick Response Codes), die Zugriff auf Online-Ultraschallvideos ermöglichen (138, 140). Ultraschallorganisationen, wie beispielsweise die EFSUMB, stellen Online-Kursbücher mit kostenlosen wie auch kostenpflichtigen Kapiteln zur Verfügung (23, 136).

Des Weiteren existieren Lernposter oder Pocketcards, die Ultraschallwissen in Form von Steckbriefen, Anleitungen oder Übersichten zu Ultraschall-Normalbefunden oder Pathologien vermitteln (141-143).

2.2.2.4 Digitales Lehrmedium E-Learning

In der Ultraschallausbildung werden vermehrt E-Learning-Angebote und Apps verwendet (13, 14, 25, 33, 52, 54, 138, 144). Die eingesetzten E-Learnings sind meist modul- oder kapitelweise aufgebaut (145, 146). Durch die Nutzung von E-Learnings kann ein beschleunigter Kompetenzerwerb und somit eine Verkürzung praktischer Ultraschalleinheiten erzielt werden (33, 147).

2.2.2.5 Weitere digitale Lehrmedien

Studierende können online auf kostenlose Ultraschall-Bildatlanten (25, 138, 148-152) und Fallarchive (153) zugreifen. Die Bildauswahl kann in der Regel durch das Festlegen von Suchkriterien eingegrenzt werden (149). Von der EFSUMB wird zudem eine Online-Bilddatenbank mit Fällen des Monats zur Verfügung gestellt (23, 136). Dietrich und Hoffmann et al. betonen, dass zum Erlernen von Ultraschallkompetenzen Ultraschall-Bildarchive hilfreich seien, um die Mustererkennung zu trainieren (16).

Ferner kann online auf Videos zu sonographischen Untersuchungstechniken zugegriffen werden (154-156). Studentische Organisationen (z.B. Sonokurs Justus-Liebig-Universität Gießen, AG Sonographie Charité Berlin) bieten hierzu auf YouTube vollständige kostenlose Sonographiekurse an (154, 155). Bei diesen Lehrmedien findet keine Zertifizierung durch Fachgesellschaften statt, womit keine Qualitätssicherung garantiert werden kann (138). Überdies gibt es Online-Ultraschallkurse auf Lehrplattformen, beispielsweise von Amboss, die Studierenden einen Ultraschallgrundkurs anbieten (156).

In den sozialen Medien (z.B. Instagram) werden darüber hinaus interessante Ultraschallpathologien in Bild- oder Videoformat geteilt und ein interaktiver Austausch zwischen den Nutzern ermöglicht (14, 16). Auch in diesen Fällen sollte berücksichtigt werden, dass die Quellen keiner Überprüfung unterliegen (25, 95).

2.2.3 Charakterisierung der Nutzergruppen und Herausforderungen im Umgang mit Lehrmedien

Bei Betrachtung des Themas Digitalisierung im Studium sind die unterschiedlichen Generationen an Lernenden zu berücksichtigen. Diese werden nach Geburtsjahr in verschiedene Gruppen unterteilt (157), die sich in ihrem Umgang mit Lehrmedien und präferierten Lehrmodellen unterscheiden (113).

Die Baby-Boomer-Generation (geboren circa 1946-1964) bevorzugt direkten Dozentenkontakt und Handouts, um eigene Notizen zu vermerken (36). Diese Generation arbeitete zu ihrer Zeit mit den Medien Schreibmaschine, Telefon und Fax und musste sich in den vergangenen Jahrzehnten den neuen Medien stetig anpassen (157). Die Generation X (geboren circa 1965-1979) wuchs mit den Freizeitmedien Fernseher, Video- und Computerspielen auf (157). An die Medien Handy/Smartphone

und Computer konnte sich die Generation nach Forner aufgrund des jungen Alters gut anpassen (157). Die Generation Y (geboren circa 1981-1996), auch als Millennial-Generation bezeichnet, präferiert hingegen die Nutzung moderner Technologien und das Lernen in Gruppenarbeiten sowie Multitasking (36). An die Nutzung von PC und Handy wurde diese Generation frühzeitig herangeführt (157). Die Generation Z (geboren circa 1996-2010) favorisiert flexible Lernstrukturen (36). Diese Generation wird zu den „Digital Natives“ gerechnet, die mit Technik und digitalen Medien aufgewachsen sind und diese selbstverständlich nutzen (5, 157). Kuhn und Frankenhauser et al. betonen jedoch, dass die Generation der „Digital Natives“ nicht zwangsläufig vielfältige digitale Lehrmedien im Rahmen des Studiums nutze (5). Der Gebrauch sei standort- und studienfachabhängig und eine umfangreiche Verwendung digitaler Lehrmedien sei nur zu beobachten, wenn diese durch die Universität initiiert werde (5).

Des Weiteren sind Nutzer durch den heutzutage alltäglichen Gebrauch von Tablets, Smartphones und Computern befähigt, Wissen über visuelle oder auditive Lehrmedien zu erlangen (16). Die zunehmende flächendeckende Nutzung und Etablierung technischer Geräte (z.B. Computer, Laptops, Smartphones, Tablets) ermöglicht Lehrenden und Lernenden zudem einen unbegrenzten Zugang zu Wissen (16, 35).

Der große Wissenszuwachs durch digitale Lehrmedien und der Umgang mit diesen kann auch als Herausforderung der aktuellen Zeit angesehen werden (87). Burg und French betonen, dass Hochschulen zusätzlich zur Wissensvermittlung auch den Umgang mit den neuen Medien/Informationen vermitteln sollten (35). Insbesondere eine Bewertung der Qualität digitaler Quellen sollte nach Azzam erlernt werden (36). Mit diesen Fähigkeiten werden die Studierenden auf ein lebenslanges Lernen vorbereitet (35, 87).

Lebenslanges Lernen wurde 2001 von der Europäischen Kommission definiert als: „alles Lernen während des gesamten Lebens, das der Verbesserung von Wissen, Qualifikationen und Kompetenzen dient und im Rahmen einer persönlichen, bürgergesellschaftlichen, sozialen, bzw. beschäftigungsbezogenen Perspektive erfolgt“ (158). In der medizinischen Weiterbildung spielt lebenslanges Lernen ebenfalls eine wesentliche Rolle und wird durch den Erwerb von Continuing Medical Education-Punkten (CME-Punkten) im Rahmen von Fortbildungen organisiert (115). Die Berufsordnung verpflichtet Ärzte zur Weiterbildung und sieht den Erwerb von 250

CME-Punkten in fünf Jahren vor (115). Die Landesärztekammern erkennen auch Online-Weiterbildungsformate an (115, 159).

2.3 Prüfungsformate in der Ultraschallausbildung

Zur Überprüfung des Lernfortschritts und zur Bewertung der Ultraschallfertigkeiten der Studierenden werden verschiedene Prüfungsformate in der Ultraschallausbildung eingesetzt.

Lernerfolgskontrollen können primär in praktische oder theoretische Prüfungsformate unterteilt werden (20). Zu den praktischen Prüfungsformaten zählen OSCES, Direct Observation of Procedural Skills (DOPS) und Objective Structured Assessment of Ultrasound Skills (OSAUS) (20). Zu den theoretischen Prüfungsformaten gehören schriftliche Tests und Online-Prüfungen mit Multiple Choice-Fragen (MC-Fragen) oder Freitext-Fragen. Evaluationen dienen der Selbsteinschätzung (20).

Laut Epstein können durch Kombination verschiedener Bewertungsmethoden Einschränkungen einzelner Prüfungsformate kompensiert werden (20, 160).



Abbildung 4: Übersicht der verschiedenen Prüfungsformate in der Ultraschallausbildung
MC = Multiple Choice; OSCE-Prüfung = Objective Structured Clinical Examination; DOPS = Direct Observation of Procedural Skills, OSAUS = Objective Structured Assessment of Ultrasound Skills

Die OSCE-Prüfung wurde 1975 von Harden und Kollegen entwickelt (20, 161). Hierbei durchläuft der Prüfling mehrere Stationen in einer simulierten klinischen Umgebung (20). An den einzelnen Stationen werden die klinischen Fähigkeiten durch Experten mithilfe von Checklisten bewertet (20, 161, 162). Vorteil der OSCE-Prüfung ist die Möglichkeit des direkten Feedbacks an die Studierenden, Nachteil die notwendigen Ressourcen, die die verschiedenen Stationen erfordern (20). Das OSCE-Prüfungsformat ist eine objektive Bewertungsform (20, 163).

Das DOPS-Prüfungsformat wurde vom Royal College of England entworfen und ist eine arbeitsplatzbezogene Bewertungsmethode, welche im klinischen Kontext an Patienten durchgeführt wird (20). Es beinhaltet eine Beobachtung und Bewertung durch einen Gutachter mithilfe spezifischer Protokolle (20). Anschließend erhalten die Studierenden ein Feedback (19, 20). DOPS können als zuverlässige und gültige Methode angesehen werden, die weniger Bewertungsstationen/Ressourcen als OSCE-Prüfungen benötigen (19, 20). Jedoch sind für dieses Prüfungsformat ausgebildete Gutachter erforderlich (19).

Die OSAUS-Skala wurde in einem internationalen Konsens zur Bewertung der Ultraschallkompetenzen entwickelt (20, 164). Das Prüfungsprotokoll umfasst sieben Bewertungskategorien: Indikation zur Untersuchung, angewandte Kenntnisse der Ultraschallgeräte, Bildoptimierung, systematische Untersuchung, Interpretation der Bilder, Dokumentation der Untersuchung und medizinische Entscheidungsfindung (20). Die OSAUS-Skala gilt als zeiteffizientes Format und kann bei der Durchführung von DOPS-Prüfungen verwendet werden (20, 164).

Weitere praktische Prüfungsmöglichkeiten sind durch die Nutzung von Simulatoren gegeben (20). Als vorteilhaft erwiesen sich dabei die standardisierte Bewertung und die globale Vergleichbarkeit (20).

MC-Fragen prüfen theoretisches Wissen ab (20). Sie können digital oder in Papierform erhoben werden (165) und sind objektiv auswertbar (20). Bei den MC-Fragen kann zwischen den Untergruppen „mehrere korrekte Antworten“ oder „mehrere falsche Antworten“, sogenannte MTF-Fragen (Multiple True/False-Fragen), und „einer korrekten Antwort“, sogenannte BAQ-Fragen (One Best Answer-Fragen), unterschieden werden (166). MC-Fragen können maschinell und somit zügig ausgewertet werden (166). Es wird kritisiert, dass MC-Fragen das Auswendiglernen fördern, durch Raten oder Ausschlussverfahren bei Nichtwissen korrekte Antworten möglich sind und keine komplexen Inhalte, sondern Spezialwissen geprüft wird (166).

Die Fragenrubrik der offenen schriftlichen Fragen wird durch einen Freitext beantwortet. Je nach Umfang der gesuchten Antwort (Wort, Satz oder Text) kann die Korrektur objektiv anhand einer Musterlösung oder subjektiv durch den Dozierenden erfolgen (166). Eine Unterform der offenen schriftlichen Fragen bilden die „Very Short-Answer“, also Kurz-Antwort-Fragen (VSA-Fragen) (166). Puthiaparampil und Rahman verglichen in einer Studie MC-Fragen (MTF- und BAQ-Fragen) mit VSA-Fragen (166).

Fazit der Studie war, dass durch VSA-Fragen mehr Themenbereiche geprüft werden konnten (166). Die Testzuverlässigkeit und Validität bewerteten die Autoren dabei positiv (166). Die Studierenden bevorzugten als effizientere Abfrage die Kurz-Antwort-Fragen (VSA) gegenüber den MC-Fragen (166). Zudem zeigte sich in der Testauswertung, dass die Studierenden im MTF-Fragen-Test mehrheitlich schlechte Ergebnisse, im BAQ-Fragen-Test gute Ergebnisse und im VSA-Fragen-Test faire und ausgewogene Ergebnisse erzielten (166). Ein Vorteil bei der Verwendung offener Fragen besteht im aktiven Abrufen des Gelernten, wodurch eine langfristige Speicherung erreicht wird (165).

Durch Selbsteinschätzungen bzw. Evaluationen bewerten Studierende subjektiv ihre Kompetenzen. Hier können sie zusätzlich motiviert werden, wenn sie durch die Evaluation eine Differenz zwischen aktueller und gewünschter Leistung bemerken (20). Zudem können Evaluationen und Selbsteinschätzungen nach Austin und Gregory et al. die kritische Denkfähigkeit verbessern (167). Es sollte bedacht werden, dass die Studierenden aber gegebenenfalls primär ihre gewünschte Leistung oder ihren Arbeitsaufwand und nicht ihre tatsächliche Leistung in die Evaluation einfließen lassen, was zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen kann (168).

Die Universität South Carolina verwendete bei Einführung der Ultraschallausbildung 2006 unterschiedliche Prüfungsmodalitäten (9). Neben MC-Ultraschallklausuren gab es eine Plattform, über die Studierende ihre im praktischen Training erstellten Ultraschallbilder einreichen konnten (9). Diese wurden anschließend objektiv durch Experten bewertet (9). Zudem wurden zu verschiedenen Zeitpunkten OSCE-Prüfungen sowie DOPS-Prüfungsformate und jährlich anonyme Online-Evaluationen eingesetzt (9).

Im deutschsprachigen Raum ergab eine Übersichtsarbeit von Wolf und Geuthel et al. 2019, dass an den Fakultäten (26 mit angebotenen Ultraschallkursen) unterschiedliche und zum Teil mehrere Lernerfolgskontrollen im Rahmen der Ultraschallkurse und an acht Fakultäten keine Lernerfolgskontrollen durchgeführt wurden (66). Am häufigsten wurden schriftliche Prüfungen als theoretische Lernerfolgskontrolle abgehalten (n=9) (66). Jeweils einmal wurde eine mündliche Prüfung bzw. ein Essay als Format absolviert (66). Bei den praktischen Kontrollen waren die OSCE-Prüfungen am häufigsten vertreten (n=7), gefolgt von nicht-standardisierten praktischen Prüfungen (66). An den meisten Fakultäten (n=25) wurden Evaluationen durchgeführt (66).

Insgesamt können Lernerfolgskontrollen Motivation und Lernerfolg verbessern (23, 36, 87). Prüfungen werden in der Literatur als „Motor des Lernens“ bezeichnet (36, 87). In Studien konnte nachgewiesen werden, dass die Durchführung von Prä- und Posttests (z.B. OSCE-Prüfungen) den Lernerfolg und die Leistung erhöhen (23). Um den Lernfortschritt zu dokumentieren wurden für Prä- und Posttest vielfach die gleichen Prüfungsformate und Prüfungsfragen verwendet (32, 100).

In der Literatur finden sich überwiegend Studien, die innerhalb der Ultraschallkurse zu mehreren Zeitpunkten MC-Tests als Prüfungsformate einsetzen (14, 43, 51). Zur Prüfung praktischer Fertigkeiten wurden oftmals OSCE-Prüfungen präferiert (14, 32, 43, 50, 51, 70, 101).

Nach Dietrich und Hoffmann et al. ist zudem die Etablierung einer standardisierten Bewertung erstrebenswert, durch welche eine standardisierte Ultraschallausbildung optimiert sowie eine Qualitätssicherung und Reproduzierbarkeit erreicht werden kann (16).

Des Weiteren ist eine Digitalisierung der Prüfungsformate (E-Prüfungen) festzustellen (5, 169, 170). Beispielsweise laufen MC-Prüfungen oftmals digital ab, was den Universitäten die Auswertung erleichtert und die Korrekturzeit reduziert (5). Zudem besteht für Studierende bei E-Prüfungen kein Risiko von Übertragungsfehlern (5). Auch OSCE-Prüfungen können digital mittels Computer oder Tablet dokumentiert werden (5).

In der Umfrage des Hochschulforums Digitalisierung gaben die Studierenden der Universität Mainz die höchste Nutzungshäufigkeit mit 87,5% von E-Prüfungen an (91), im Vergleich lag beispielsweise die Nutzungshäufigkeit der Universität Lübeck bei 50,5% (91).

2.4 Lehrkonzepte in Humanmedizinstudium und Ultraschallausbildung und deren zeitlicher Wandel

2.4.1 Lehrkonzepte im Humanmedizinstudium

Traditionelle Lehrkonzepte im Humanmedizinstudium bestehen seit Jahrhunderten und werden in den letzten 30 Jahren vermehrt kritisch hinterfragt (27, 46, 56, 87, 171-173). Diese umfassen beispielsweise Vorlesungsformate oder anderweitige Lehrformen, die als Frontalunterricht ablaufen (35, 39). Dozierende und Studierende interagieren bei diesen Modellen direkt (35, 39). Somit sind diese Formate dozentenabhängig bzw. lehrerzentriert und der Schwerpunkt liegt in der Regel auf dem Auswendiglernen von Fakten (30, 87). Ferner findet bei diesen Lehrformen ein passives Lernen statt (5). Die aktive selbstständige Lernphase folgt nach den Vorlesungen als Selbstlernphase (41).

In den vergangenen Jahren wurden diverse Masterpläne zur Reformierung des Studiengangs Humanmedizin sowie neue pädagogische Ansätze (bedarfsorientiert bzw. nutzerzentriert) vorgeschlagen (46, 87, 113, 172, 174). Der Trend bewegt sich hin zu einem modularisierten Studienaufbau mit horizontaler und vertikaler Integration von Lehrinhalten (172, 174). Bei der horizontalen Integration werden verschiedene Fachbereiche verknüpft bzw. Lehrinhalte gemeinsam vermittelt, während dies bei der vertikalen Integration abteilungsübergreifend, beispielsweise zwischen klinischen und vorklinischen Bereichen, erfolgt (172, 174).

Die neuen Lehrkonzepte werden mithilfe von Bildungsforschern entwickelt und beruhen auf evidenzbasierten Daten (23, 113, 172, 175). Wissen soll praxisnäher gelehrt und durch aktives Lernen bzw. individuelles Lernen erworben werden (30, 87). Auch Burg und French schlagen ein verstärktes selbstständiges Lernen und keine weitere Verschulung, wie es durch die Bologna-Reform empfohlen wird, vor (35). Daten belegen, dass aktives Lernen zu nachhaltigerem Lernen führt (176, 177). Zum aktiven Lernen kann das problembasierte Lernen (PBL) gezählt werden, bei dem Probleme aufgezeigt, nach Lösungsstrategien gesucht und dadurch neues Wissen erworben wird (87, 171, 172). Der Fokus liegt hier auf dem Lösungsprozess und somit einem Austausch und der Entwicklung verschiedener Ideen (87). Es existiert aber keine allgemeingültige Lösung (87). Vom PBL ist das traditionellere fallbasierte Lernen abzugrenzen, das in der Approbationsordnung als Schwerpunkt

gegenstandsbezogener Lerngruppen festgelegt ist (74, 87). Bei diesem Konzept liegt der Schwerpunkt in der konkreten Lösung eines Falls (87).

Zudem rückt eine kompetenzbasierte Ausbildung vermehrt in den Fokus, die durch Simulationen, digitale Medien und praktischen Hand-on-Trainings erreicht werden kann (13, 56).

Bei der Entwicklung neuer Lehrkonzepte spielt weiterhin das zunehmende Verständnis der Neurobiologie des Lernens eine Rolle (113, 165, 176, 178). Friedlander und Andrews et al. definierten zehn wichtige Aspekte des effektiven Lernens: die aktive Teilnahme und das Engagement der Studierenden, ein moderates Stresslevel der Studierenden, die Wiederholungen von Inhalten und das Wiederaufgreifen durch verschiedene sensorische Medien, die Berücksichtigung der individuellen Lernpräferenzen, Lernen durch Einsatz von Belohnung und Verstärkung, Visualisierungsprozesse, Multitasking sowie Pausen und Schlaf zur Konsolidierung (176, 178).

Im Zuge der Digitalisierung und insbesondere geprägt durch die Covid-19-Pandemie nahm das Bewusstsein für neue digitale Lehrkonzepte zu (5, 44, 45). Die populärsten Konzepte stellen dabei das Blended-Learning-Modell und als Unterkategorie das dazugehörige Flipped-Classroom-Modell dar (8, 15, 16, 34-39).

Das Blended-Learning-Modell verbindet klassische Präsenzlernphasen mit computergestütztem Unterricht bzw. mit digitalen Lernphasen unter Einsatz digitaler Lehrmedien wie z.B. E-Learnings (3, 5, 34, 179, 180). Gegenwärtig wird der Begriff als Überbegriff und Synonym zum „hybriden Lernen“ eingesetzt und umfasst oftmals alle Kombinationen aus Präsenz- und Onlinelernen (181).

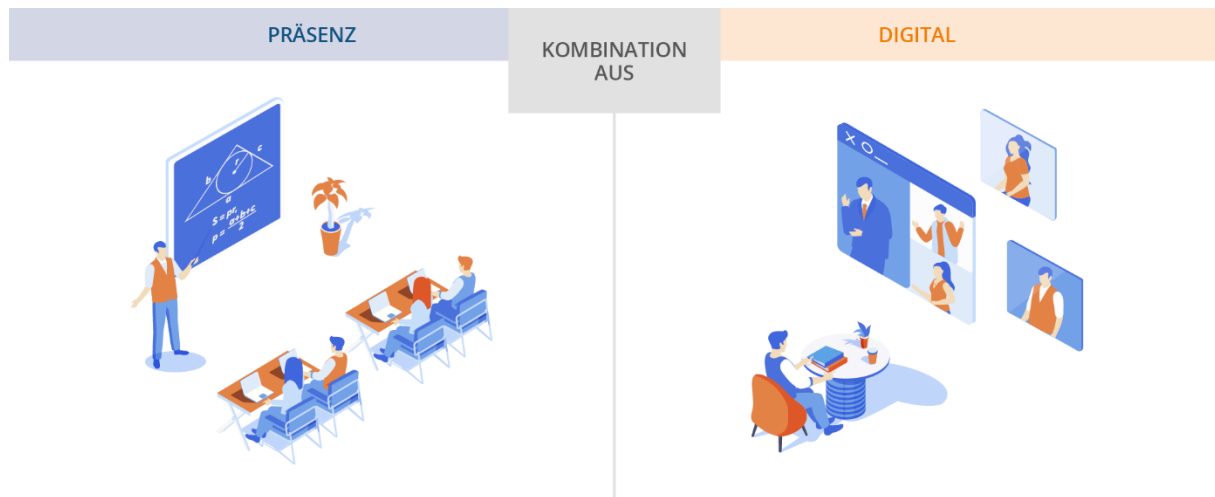


Abbildung 5: Blended-Learning-Modell . Das Lehrkonzept sieht eine Verbindung aus klassischen Präsenzphasen und digitalen Lernphasen vor.

Zu den Vorteilen des Blended-Learning-Modells zählen die zeitliche Flexibilität und die Möglichkeit, die Inhalte so lange konsumieren zu können, bis der Inhalt individuell beherrscht wird (individuelle Selbstlernphasen) (5). Da Hochschulen personell und räumlich oftmals überlastet sind, schlagen Burg und French zu deren Entlastung eine Einführung von Blended-Learning vor (35).

In einer Studie von Pereira et al. wurde im Rahmen eines Anatomiekurses ein Blended-Learning-Konzept mit einem traditionellen Präsenzunterricht verglichen (182). Anschließend erhielten beide Gruppen praktische Einheiten (182). Es zeigte sich, dass Blended-Learning effektiver war, als herkömmlicher Unterricht im Klassenzimmer (182). In einer Metaanalyse zum Einsatz von Blended-Learning-Konzepten im Vergleich zu traditionellen Lehrkonzepten in der Lehre im Gesundheitswesen konnte bei den Teilnehmenden unter Einsatz der Blended-Learning-Konzepte ein besserer Wissenszuwachs nachgewiesen werden (179).

Beim Modell des umgedrehten Klassenzimmers (Flipped-Classroom/ Inverted-Classroom) erfolgt die Stoffvermittlung zuhause anstatt im Klassenzimmer (5, 38, 40, 41). Die Studierenden greifen beispielsweise auf kurze Online-Videos oder Videovorlesungen zurück, um neue Inhalte zu erlernen (38). Mitunter werden die erworbenen Kenntnisse durch eine Abfrage geprüft (38). Anschließend können in interaktiven Sitzungen mit Experten (beispielsweise in Gruppenarbeiten) die neu erlernten Inhalte vertieft und angewendet werden (5, 38, 40, 41). Während der Präsenzphase findet somit ein aktives Lernen statt, im Gegensatz zum traditionellen

Modell, bei dem in Präsenzvorlesungen Fakten vermittelt werden (passives Lernen) und eine Nachbereitung bzw. Vertiefung des Lehrstoffes zuhause vorgesehen ist (41). Das Flipped-Classroom-Modell wird oftmals als Form des Blended-Learning-Modells bezeichnet, da digitale Formate zur Vorbereitung mit Präsenzkursen kombiniert werden und somit die Blended-Learning-Definition erfüllt ist (181).

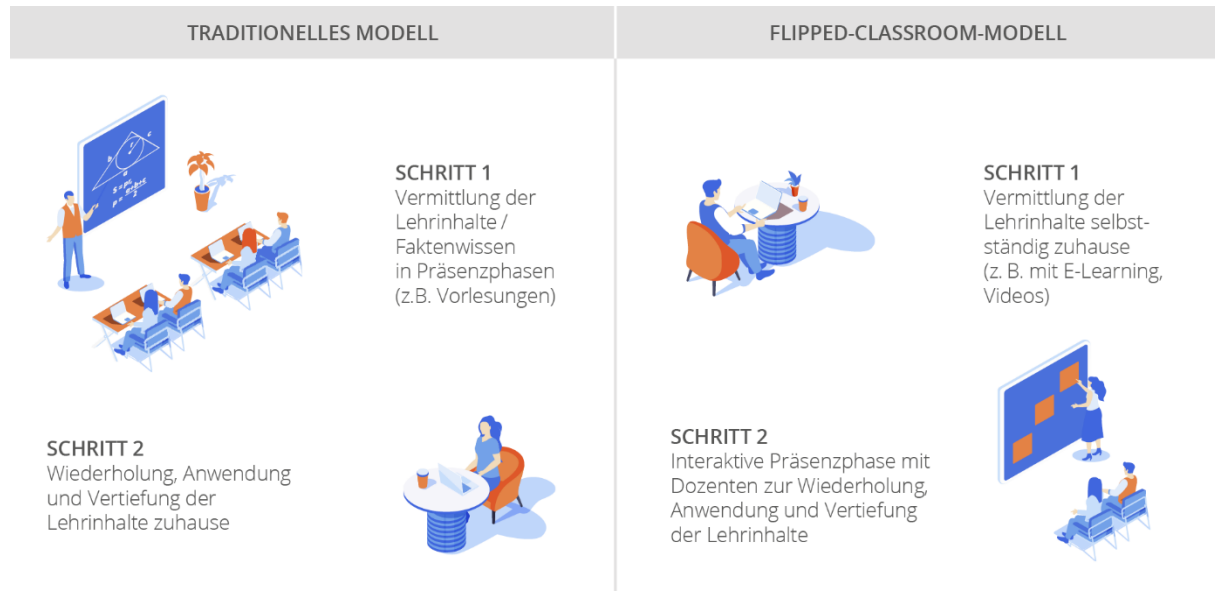


Abbildung 6: Flipped-Classroom-Modell. Das Lehrkonzept beruht auf einer selbstständigen Vorbereitung zuhause mit anschließenden aktiven Präsenzphasen.

Vorteile bei dieser Untergruppe des Blended-Learnings sind ebenfalls die zeitliche Flexibilität und die individuellen Selbstlernphasen (5, 38, 41). Studien stellten eine Zunahme der Motivation, des Engagements und der Zufriedenheit der Studierenden bei Einsatz des Flipped-Classroom-Modells fest (183, 184). Darüber hinaus wurden in mehreren Studien äquivalente oder bessere Lernergebnisse beobachtet (184, 185).

Baepler und Walker et al. konnten in ihrer Studie nachweisen, dass durch Blended-Learning und Einsatz eines Flipped-Classroom-Ansatzes in einem Chemiekurs die Zeiten im Klassenraum reduziert und mindestens so gute oder bessere Lernergebnisse als in einem traditionellen Unterricht erzielt werden konnten (184). Dies bezeichnen die Autoren als Effizienzsteigerung (184).

Bei digitalen Lehrmodellen kann zudem zwischen synchronen und asynchronen Modellen differenziert werden. Synchroner Formate erfolgen als Live-Übertragung von Video und/oder Ton zum Beispiel als interaktive Live-Sitzungen oder Online-Seminare (30, 39, 186). Bei asynchronen Formaten wird Lehrmaterial online von den

Dozierenden zur Verfügung gestellt, das zeitunabhängig aufgerufen werden kann, beispielsweise Sprachaufzeichnungen, PowerPoint-Präsentationen oder digitale Diskussionsforen (30, 39). Während die Vorteile des synchronen Modells in der direkten Interaktion und Feedbackmöglichkeit zwischen Studierenden und Dozierenden liegen, ist beim asynchronen Modell die zeitliche Flexibilität von Vorteil (39).

Ebenfalls untersucht wurde der Einfluss von E-Learnings auf die Motivation der Studierenden. Lin stellte fest, dass die Motivation der Studierenden das Lernergebnis signifikant positiv beeinflusste (98). Harandi beobachtete in einer Studie der Alzahra-Universität Teheran eine steigende Motivation der Studierenden bei Einsatz von E-Learnings (93). Bei Vergleich von E-Learning-Modellen mit Präsenzkursen konnte gezeigt werden, dass die Studierenden mit dem Lehrmedium E-Learning eine höhere intrinsische Motivation hatten als durch die Präsenzkurse (187). Zudem wirkten sich die digitalen Lehrmedien positiver auf den Lernerfolg aus als die traditionellen Lehrmedien (98, 123).

2.4.2 Lehrkonzepte in der Ultraschallausbildung

In der Ultraschallausbildung werden verschiedene Lehrkonzepte eingesetzt. Aktuell ist hier ebenfalls ein deutlicher Wandel von den traditionellen Modellen hin zu den Modellen des Flipped-Classroom und Blended-Learning zu verzeichnen (8, 15, 16, 34, 37). Zudem werden je nach Kursphase (Kursvorbereitung, Kurs, Kursnachbereitung) unterschiedliche Lehrformen und Lehrmedien verwendet.

Das Positionspapier der WFUMB aus dem Jahr 2020 schlägt als Kursstruktur eine Kombination aus Online- und praktischem Lernen vor (23). Um den Nutzen des Kurses zu maximieren wird zusätzlich eine Kursvorbereitung empfohlen (23). Das Kurskonzept besteht damit aus synchronen fallbasierten Modulen und einem asynchronen E-Learning (23). Mithilfe des E-Learnings sollen Inhalte vor, während und nach dem Kurs erlernt, wiederholt und vertieft werden (23).

LoPresti und Schnobrich et al. postulieren, die POCUS-Ausbildung sei durch Einsatz unterschiedlicher Lehrmedien, im Sinne eines Blended-Learning-Konzeptes am effektivsten (42).

Röhrig und Hempel et al. befragten Studierende und Ärzte (n=176) im Rahmen eines Ultraschallkurses nach ihren bevorzugten Lehrmedien und Lehrkonzepten, wonach sich die Studienteilnehmer für ein Blended-Learning-Konzept mit interaktiven Inhalten aussprachen (33). Für die Kurs-Vor- und Nachbereitung präferierten sie ein E-Learning (33). Zudem favorisierten die Teilnehmenden ein interaktives E-Learning-Programm gegenüber aufgezeichneten Vorlesungen (33). Vorlesungen im Rahmen des Kurses wurden mit zunehmender Vorlesungslänge schlechter bewertet (umgekehrt proportionale Beziehung) (33). Überdies wurde bei Vorlesungen eine Interaktion zwischen Dozierenden und Studierenden gewünscht (33). Die praktischen Ultraschalleinheiten (Hands-On-Training) in Kleingruppen waren das beliebteste Lehrformat (33). Für die Präsenzphase wünschten sich die Teilnehmer einen Wechsel aus Kurzvorlesungen (< 20 Minuten), Hands-On-Trainings, Live-Vorschallen, Fallvorträgen und Quizen (33). Für die Kursnachbereitung bevorzugten sie die Verwendung des E-Learnings, des Arbeitsbuches, Vorlesungsaufzeichnungen und Vorlesungsfolien sowie die Möglichkeit, die Dozenten für den Fall von Rückfragen zu kontaktieren (33).

Hempel und Stenger et al. untersuchten die Effizienz und den Langzeit-Wissenszuwachs durch Präsentationen in der Ultraschallausbildung (188). Es zeigte sich, dass Studierende sich nach zwei Wochen an weniger als 20% des präsentierten Inhalts erinnerten (188). Steinmetz und Oleskevich et al. widmeten sich in ihrer Studie der Untersuchung eines nachhaltigen Lernerfolges (58). Ihr Kurskonzept basierte auf einem Kursbuch und Online-Lerninhalten zur Vorbereitung mit anschließenden praktischen Ultraschalleinheiten (58). Nach acht Monaten hatten die Studierenden den größten Teil der erworbenen Ultraschallfähigkeiten beibehalten (58). In Übereinstimmung zu diesen Daten, konnten Weimer und Widmer et al. ebenfalls einen langfristigen Erhalt der Ultraschallkompetenzen feststellen (189).

Dem Vergleich eines Blended-Learning-Kurses mit einem traditionellen universitären Präsenzultraschallkurs ging die SIGNATURE-Studie („Student-centred learning with near-peer tutoring compared with a standard faculty-led course for undergraduate training in abdominal ultrasound“) nach (190). Der Lernfortschritt wurde mit einem Online-Fragebogen und praktischen OSCE-Prüfungen ermittelt (190). Die Veröffentlichung der Studiendaten steht noch aus (Stand 04/2024) (190). Die Autoren erhoffen sich bei Erzielen guter Ergebnisse des Blended-Learning-Kurses, die Kurskapazitäten durch Einsatz dieses Modells erweitern zu können (190).

Einige Studien verglichen Online-Vorlesungen bzw. digitale Tutorials mit Präsenzvorlesungen bzw. Klassenzimmerunterricht (32, 43, 99-101, 191). Insgesamt zeigte sich, dass die digitalen Angebote in der praktischen und theoretischen Wissensvermittlung mindestens so effektiv waren wie der Präsenzunterricht (32, 43, 99-101, 192). Cuca und Scheiermann et al. betonen, dass das E-Learning im Vergleich zum Präsenzunterricht zudem zeiteffizienter und kostengünstiger sei (192). Platz und Liteplo et al. verglichen Online- und Präsenzvorlesungen zum Thema Ultraschallphysik und eFAST (extended Focused Assessment with Sonography for Trauma) (191). Die Studienteilnehmer absolvierten einen Prä- und Posttest im MC-Format (191). Für Teilnehmende ohne vorherige Ausbildung unterschied sich der Wissenszuwachs bei digitalem Unterricht oder Präsenzunterricht nicht signifikant (191). Hingegen beobachteten die Autoren bei Teilnehmenden mit Ultraschallvorkenntnissen eine Unterlegenheit der digitalen Vorlesung gegenüber der Präsenzvorlesung (191).

Eine Studie zum POCUS-Herzultraschall stellte fest, dass Studierende im Selbststudium mit E-Learning und praktischen Ultraschallübungen mit Pocket-Geräten (ohne Anleitung) Herzultraschall genauso gut erlernten wie die Kontrollgruppe in einem Frontalunterrichtsformat (99). Demzufolge heben die Autoren die Effizienz eines Selbststudiums zum Erlernen von Ultraschallkompetenzen als Ergänzung zum traditionellen Unterricht hervor (99). Das Blended-Learning-Lehrmodell kann zur Einsparung von Personalkosten beitragen und eine kostengünstige Alternative zum Präsenztraining darstellen (34).

Eine weitere Studie verglich Bedside-Teaching (Lernen am Krankenbett) mit einem E-Learning-Programm (31). Hier zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der diagnostischen Genauigkeit in der Ultraschallbildgebung zwischen beiden Gruppen (31).

Wenige Studien zogen einen Vergleich zwischen E-Learning und Lehrbüchern bzw. Skripten zur Vorbereitung auf den Ultraschallkurs (50-52). In den theoretischen Posttests zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (51, 52). Cantarero-Villanueva und Fernández-Lao et al. konnten nachweisen, dass Studierende der Physiotherapie bei einer Vorbereitung mit E-Learning signifikant bessere Ergebnisse in einer Ultraschall-OSCE zum muskuloskelettalen Ultraschall aufwiesen als die Kontrollgruppe, die sich mit Büchern und Texten vorbereitete (50).

Einzelne Autoren verweisen auf die höheren Kosten für eine Ultraschall-App gegenüber einem Lehrbuch (52, 193).

Arroyo-Morales und Cantarero-Villanueva et al. betrachteten den Kompetenzerwerb ultraschallgesteuerter Interventionen von Assistenzärzten (51). Das traditionelle Lehrkonzept (Kontrollgruppe) wurde mit einem E-Learning-Konzept und Hands-On-Training an Modellen (Studiengruppe) verglichen (51). Die Assistenzärzte, die das E-Learning und das Training an Modellen nutzten, gaben ein signifikant höheres Selbstvertrauen an als die Kontrollgruppe (51). 45% der Ärzte der Studiengruppe fühlten sich sehr bzw. völlig sicher in der Durchführung der erlernten Intervention, während in der Kontrollgruppe lediglich 33% der Ärzte diese Selbsteinschätzung teilten (51).

Chenkin und Lee et al. beobachteten, dass praktische Fertigkeiten in der Ultraschallausbildung in der Anfangsphase durch Videos und andere Multimediafunktionen ausreichend vermittelt und somit auf Live-Demonstrationen verzichtet werden konnte (32). Zudem zeigten mehrere Studien eine Reduktion der praktischen Ultraschallzeit bei Einsatz von E-Learnings zur Kursvorbereitung (31, 33, 43). In Evaluationen konnte eine höhere Benutzerzufriedenheit unter Verwendung digitaler Formate registriert werden (31, 32). Lien und Lin et al. stellten fest, dass in der Literatur hauptsächlich Untersuchungen zum Einsatz von E-Learnings zur Vermittlung theoretischen Wissens zu finden sind (31). Nur wenige Studien würden die Vermittlung praktischer Fertigkeiten beziehungsweise insbesondere die daraus resultierenden klinischen Leistungen betrachten (31, 192).

Die praktischen Fertigkeiten finden beispielsweise in einer Studie von Beaulieu und Laprise et al. Berücksichtigung (13). In dieser Studie schnitten die Assistenzärzte nach Absolvierung eines Blended-Learning-Konzeptes mit E-Learning und praktischem Ultraschalltraining am Simulator signifikant besser ab als die Kontrollgruppe mit traditionellem Unterrichtsmodell (13). Andere Studien prüften die praktischen Ultraschallfähigkeiten mit OSCEs und konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen, die sich mit einem E-Learning beziehungsweise traditionellen Vorlesungen vorbereiteten (32, 43, 99-101).

Durch digitale Angebote kann die Teilnehmerzahl für Ultraschallkurse angehoben werden (138). Jedoch sollten für eine gute Qualität der Ultraschallaus- und fortbildung die Inhalte digitaler Lehrformate einer inhaltlichen Prüfung durch Fachgesellschaften

unterliegen (138). Blank und Strobel et al. betonen, dass die praktische Ausbildung zum Erwerb von Ultraschallkompetenzen nach wie vor den höchsten Stellenwert habe, diese lasse sich nicht oder nur teilweise virtuell bzw. digital ersetzen (138). Zudem schlagen sie eine Registrierung digitaler Ultraschallangebote vor, wie dies z.B. bei Präsenzkursen der DEGUM (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin) der Fall sei (138). Somit könne eine Übersicht über digitale Angebote erlangt und in Zukunft mögliche Standardisierungen oder Zertifizierungen entwickelt werden (138).

Die meisten Studien verglichen Klassenzimmerunterricht oder Vorlesungen mit einem digitalen Blended-Learning-Konzept. Bei der Recherche für diese Arbeit ließ sich keine Studie im Bereich Abdomenultraschall finden, die Skript bzw. Lehrbuch einem digitalen Medium bei ansonst identischem Flipped-Classroom-Kursmodell gegenüberstellte und hierbei detailliert den theoretischen und praktischen Kompetenzerwerb untersuchte.

2.5 Lehre während der Covid-19-Pandemie und deren Konsequenzen

2.5.1 Allgemeine Aspekte

Während der Covid-19-Pandemie erhielt die Digitalisierung der Lehre eine zentrale Bedeutung (7, 44, 45). Durch sie erfolgte die Umstellung des Präsenzunterrichts auf Distanzunterricht mit Online-Unterrichtsformaten (26, 39, 44-48). Insbesondere E-Learning-Formate sorgten für eine Fortführung der Lehre (47). Binks und LeClair et al. betonen die hohe Geschwindigkeit, mit der die Umstellung auf Distanzunterricht erfolgte, was sie auf bereits vorhandene digitale Strukturen zurückführen (46).

2.5.2 Vor- und Nachteile der Unterrichtskonzepte

Die DigiMed-Studie von Stoehr und Müller et al. erfasste das Meinungsbild von 3.286 Medizinstudierenden aus 12 verschiedenen Ländern und evaluierte die Umstellung auf Online-Unterrichtsformen während der Covid-19-Pandemie (26). Insgesamt gewährleisteten die meisten Universitäten eine schnelle Umstellung auf Online-Unterrichtsformen (78%) (26). Zudem war die Mehrheit der Studierenden mit der Unterrichtsqualität und dem Umfang zufrieden (26).

Positiv bewerteten die Studierenden in verschiedenen Abfragen die pädagogische Gestaltung der Online-Kurse, die Online-Interaktion, den Wegfall von Anfahrtswegen sowie die zeitliche und räumliche Lernflexibilität der Online-Unterrichtsformen (26, 44, 47). Als problematisch wurden eine instabile Internetverbindung und die zu geringe Verfügbarkeit an elektronischen Geräten beschrieben (44, 47). Neben den technischen Herausforderungen wurden auch didaktische und pädagogische Schwierigkeiten, beispielsweise veränderte Unterrichtsstrukturen oder eine veränderte Rolle der Lehrkraft, beobachtet (47). Zudem bemängelten die Studierenden die fehlende menschliche Interaktion zwischen Studierenden und Dozierenden sowie den Studierenden untereinander und den fehlenden Erwerb klinischer Fähigkeiten (26, 44). In diesem Zusammenhang sollten nach Binks und LeClair et al. die pandemischen Umstände mit einhergehender sozialer Isolation berücksichtigt werden, die sich vermutlich auf die Motivation und Leistung der Studierenden auswirkte (46).

Im Kontext der Pandemie und der Umstellung auf Online-Lehre verstärkten sich zudem sozioökonomische Ungleichheiten (44). Eine stabile Internetverbindung oder die Verfügbarkeit von technischen Geräten für Studierende (z.B. Laptop, Handy), waren und sind in manchen Ländern nicht gewährleistet (44, 47, 48). Die Daten der DigiMed-Studie zeigten jedoch, dass 97% der Studierenden über die erforderlichen technischen Geräte verfügten (26).

Alzahrani und Shati et al. verglichen die Erfahrungen im synchronen und asynchronen Unterricht während der Pandemie (39). Hier wurden die Items „Zufriedenheit mit der Lehrmethode“, „Wissenserwerb/Kompetenzzuwachs“, „Zeitmanagement“, „Interaktivität“, „Lernerleichterung“ sowie die allgemeine Zufriedenheit mit den synchronen und asynchronen Modellen untersucht (39). Es ließ sich feststellen, dass synchrones und asynchrones Lernen gleichermaßen befriedigend waren (39). Darüber hinaus konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede beim Kompetenzzuwachs erhoben werden (39). Als Vorteile des asynchronen Lernens wurden das bessere Zeitmanagement und die ausbleibenden Nachteile durch eine instabile Internetverbindung angegeben, während beim synchronen Lernen die unmittelbare Interaktion der Studierenden und Dozierenden, eine höhere Motivation sowie das Vermeiden von inhaltlichen Missverständnissen durch den direkten Austausch positiv hervorgehoben wurden (39).

2.5.3 Aspekte für die Ultraschallausbildung

Auch die Ultraschallausbildung musste im Zuge der Covid-19-Pandemie angepasst werden und hat sich dadurch grundsätzlich weiterentwickelt.

Besondere Aspekte die Nourkami-Tutdibi und Hofer et al. betonen, war die Wichtigkeit der Fortführung der Vermittlung praktischer Ultraschallkompetenzen im Sinne des Lehrauftrags während der Pandemie (194). Die Autoren beschreiben die Umsetzung des Ultraschallunterrichts während der Covid-19-Pandemie an der Universitätsklinik des Saarlandes (194). Das Ultraschallkonzept mit Online-Vorlesungen sowie wöchentlichen praktischen Unterrichtseinheiten im Peer-Teaching-Format wurde während der Pandemie auf einen Kompaktkurs über zwei Tage mit abschließender OSCE-Prüfung umgestellt (194). Die Studierenden erreichten in diesem Format die Lernziele und gaben eine hohe Zufriedenheit an (194). Jedoch betonen die Autoren digitale Lehrkonzepte könnten den praktischen Präsenzunterricht nicht vollständig ersetzen (194). Laut Blank und Strobel et. al. bestehe eine hohe Nachfrage an strukturierten Ultraschallinhalten, die sich während der Pandemie verstärkte (138). Insbesondere digitale Formate wie Podcasts, Live-Demonstrationen oder Virtual-Reality-Formate wurden während dieser Zeit eingesetzt (138).

2.5.4 Perspektiven für die Zukunft

Die Autoren verschiedener Veröffentlichungen gelangen zu dem Schluss, die Krise auch als Chance zur Verbesserung der Online-Lehrmedien, einem raschen Fortschritt der Digitalisierung der Lehre sowie einem Antrieb didaktischer Veränderungen einzuordnen (26, 45-47, 138). Das Hochschulforum Digitalisierung schlägt eine neue und langfristige universitäre Lehre vor, die sich aus analogen und digitalen sowie synchronen und asynchronen Lehrangeboten zusammensetzt (45). Dieser Vorschlag deckt sich mit den Evaluationsdaten der DigiMed-Studie, hier wünschten sich die Studierenden für die Zukunft ein Verhältnis von 42% Online-Lehre und 58% Präsenzunterricht (26).

3 Material und Methoden

Das folgende Kapitel erläutert die Phasen der Studie bis hin zur Dissertationsniederschrift und beschreibt die Studienplanung, das Studiendesign und die Studiendurchführung inklusive der eingesetzten Lehrmedien sowie der entwickelten Prüfungsformate und Evaluationsbögen.

Die Umsetzung, Planung und Erarbeitung der Dissertation erfolgte in mehreren Phasen und wurde von verschiedenen Projektpartnern und Mitgliedern des sonoforklinik-students-Teams unterstützt. Die einzelnen Etappen sind in Abbildung 7 dargestellt.

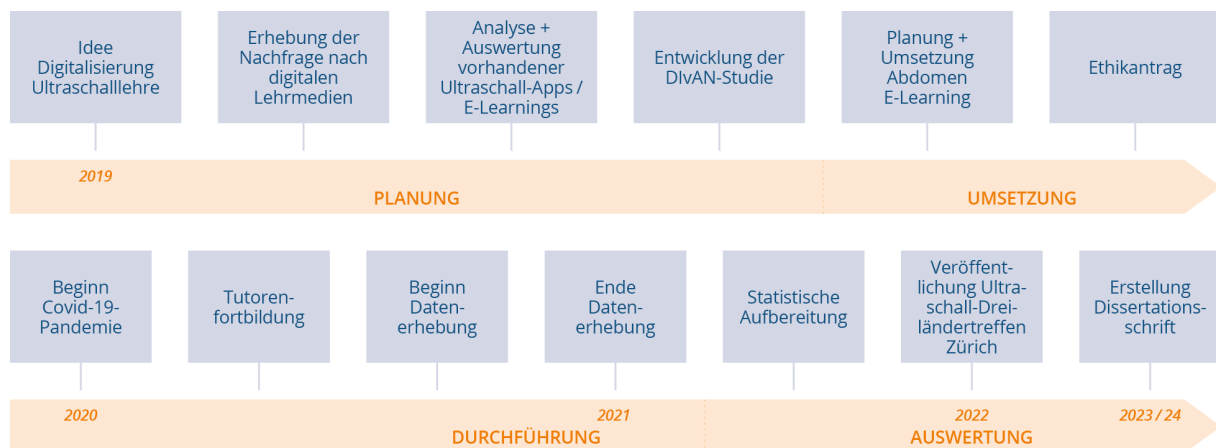


Abbildung 7: Chronologischer Ablauf der Dissertationdurchführung und des Studienablaufs
DivAN-Studie = digital vs. analog-Studie

3.1 Beschreibung der Studie

3.1.1 Studienentwicklung/ -hintergrund

Die Studienentwicklung und -planung erfolgte ausgehend von der Rudolf-Frey Lernklinik (RFLK) der Universitätsmedizin Mainz, welche die studentische Initiative sonoforklinik-students seit 2017 unterstützt. Im Peer-to-Peer Format werden Studierenden theoretische und praktische Grundlagen der Ultraschalluntersuchung vermittelt und kontinuierlich Evaluationen durchgeführt (49). Zur Kompetenzvermittlung und Vorbereitung auf die praktischen Einheiten wurden hauptsächlich analoge Lehrmedien (Skripte, Lernposter, Pathologie-Atlanten) eingesetzt (49). Seit 2019 wurde im Rahmen der Weiterentwicklung und Optimierung

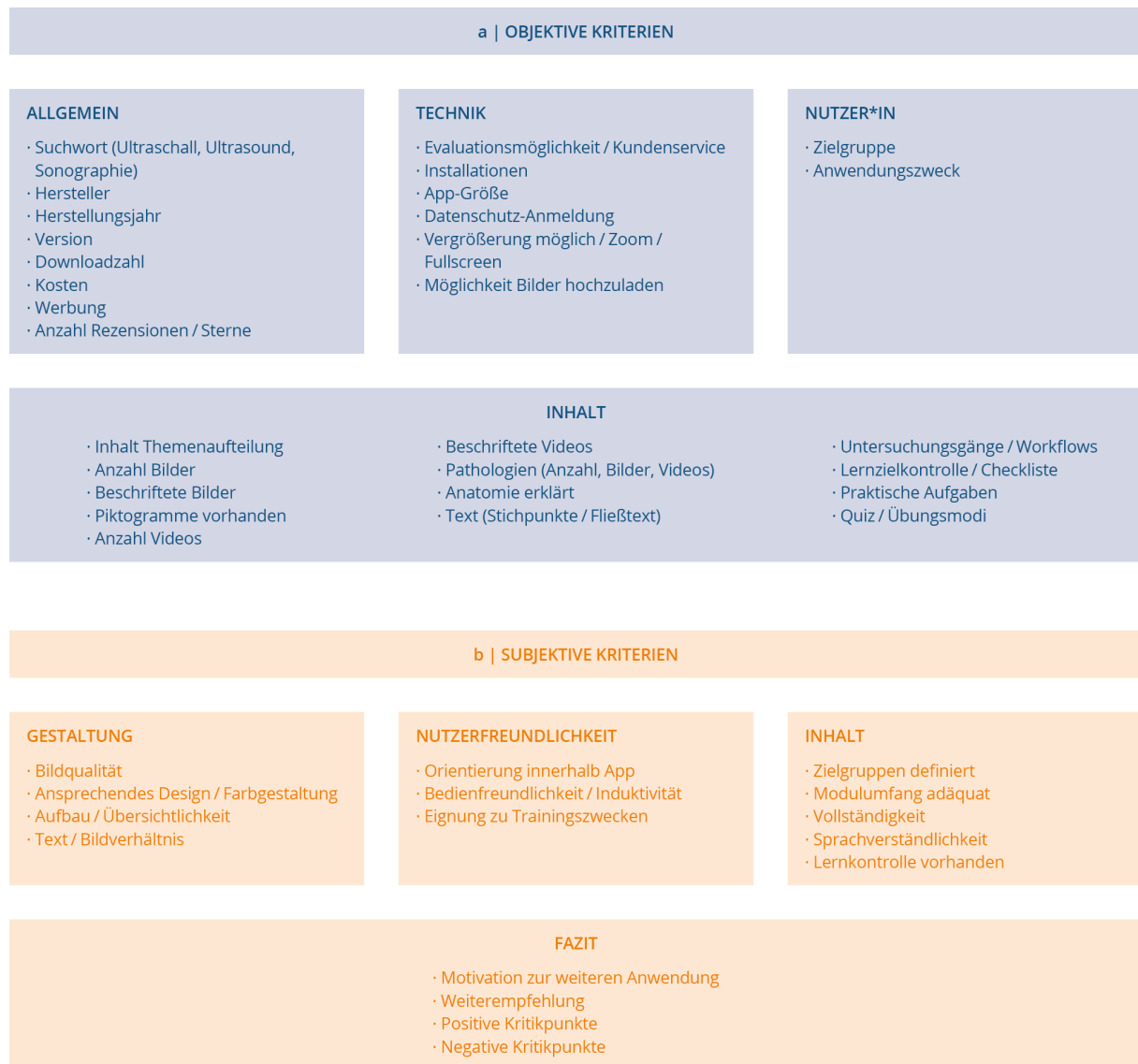


Abbildung 9: Bewertungskriterien der Marktanalyse für Ultraschall-Apps und E-Learning-Plattformen, entwickelt mit S. Kuon und J. Weimer

Basierend auf diesen Vorbefragungen und Analysen wurde im Jahr 2019 die DivAN-Studie geplant. Dazu wurde ein spezifisches E-Learning für die Abdomensonographie konzipiert, entwickelt und extern programmiert, das sich am derzeit verwendeten Ultraschallskript orientierte. Der genaue Aufbau der beiden Lehrmedien wird in den Abschnitten 3.3.2 und 3.3.3 erläutert.

Die für die Studie benötigten Prüfungsformate und Evaluationsbögen (siehe Abschnitt 3.4) wurden im nächsten Schritt im Expertenaustausch erarbeitet (20). Das Expertenteam bestand aus zertifizierten Kursleitern der DEGUM (Stufe III), Medical Masters of Education sowie erfahrenen Tutoren des sonoforklinik-students-Teams. Das Kursmodell, das für die Durchführung der Studie verwendet wurde, basierte auf

bereits etablierten Ausbildungsmodellen von sonoforklinik-students (49) und wurde für die Studiendurchführung sowie im Hinblick auf die zu diesem Zeitpunkt gegenwärtige Covid-19-Pandemie leicht modifiziert. Nach Rücksprache mit der Ethikkommission Rheinland-Pfalz wurde zudem das Votum für die Durchführung der Studie eingeholt (Nr. 2021-15627).

3.1.2 Studiendesign

Die Datenerhebung für die DivAN-Studie erfolgte mittels einer prospektiven Fall-Kontroll-Studie. Die Fallgruppe bestand aus Studierenden, die das E-Learning als Lehrmedium nutzten, während die Kontrollgruppe mit einem Skript als Lehrmedium arbeitete. Die Zuteilung in die Kohorten erfolgte nach Semester (siehe Abschnitt 3.1.3). Um die Lehrmedien zu vergleichen, wurde der Lernfortschritt der Studierenden in den Bereichen theoretisches Wissen und praktische Fertigkeiten (Kompetenzzuwachs) durch verschiedene Prüfungsmodi (siehe Abschnitt 3.4) dokumentiert. Es wurde folgende Haupthypothese aufgestellt: „Der Zuwachs an Ultraschallkompetenzen durch das Lehrmedium Skript ist signifikant besser als der Zuwachs an Ultraschallkompetenzen durch das Lehrmedium E-Learning.“ Demnach lautete die Alternativhypothese wie folgt: „Der Zuwachs an Ultraschallkompetenzen durch das Lehrmedium E-Learning ist gleich oder signifikant besser als der Zuwachs an Ultraschallkompetenzen durch das Lehrmedium Skript.“

Als Nebenfragen wurden die Bewertung der eingesetzten Lehrmedien Skript und E-Learning, deren Einfluss auf die Motivation der Studierenden, die Bewertung des Kurses durch Teilnehmer und Tutoren sowie deren Nutzungsverhalten und digitale Affinität untersucht.

3.1.3 Teilnehmerrekrutierung

3.1.3.1 Anmeldung und Gruppenzuteilung

Die Anmeldung zu den Ultraschallkursen erfolgte über das Onlineportal „Jogustine“ der Universität Mainz. Hier konnten sich alle interessierten Humanmedizinstudierenden des ersten klinischen Semesters freiwillig zum jeweiligen Semesterbeginn anmelden und Präferenzen für die angebotenen Kurswochenenden

angeben. Die Zuteilung zu einem der Kursblöcke wurde anschließend vom Studienbüro Humanmedizin koordiniert.

3.1.3.2 Festlegung der Kohorten

Die Kohorte der Kontrollgruppe setzte sich aus Teilnehmenden der Ultraschallkurse des Wintersemesters 2020/2021 zusammen, die analog mit dem Ultraschallskript lernten. Die Kohorte der Studiengruppe wurde durch die Teilnehmenden der Ultraschallkurse des Sommersemesters 2021 gebildet, die digital mit einem E-Learning arbeiteten.

3.1.4 Rahmenbedingungen

3.1.4.1 Räumlichkeiten, Geräte, Technische Voraussetzungen, Hygiene

Für die Durchführung der Kurse wurden die Räumlichkeiten der Rudolf-Frey Lernklinik sowie Hörsäle der Universitätsmedizin Mainz genutzt. Es standen acht technisch äquivalente Ultraschallgeräte sowie Bildschirmübertragungsmöglichkeiten zur Verfügung.

Der Einsatz des E-Learnings erforderte eine stabile Internetverbindung, die in den Kursräumen durch das Universitätsnetzwerk „eduroam“ (Education Roaming) gewährleistet wurde. An den Kurswochenenden wurde je ein Computer zur Nutzung des E-Learnings in den Praxisräumen sowie im Hörsaal (Übertragung mit Beamer) bereitgestellt.

Aufgrund der zum Studienzeitpunkt bestehenden Covid-19-Pandemie wurden die aktuellen Verhaltens- und Hygienerichtlinien zum Infektionsschutz umgesetzt.

3.1.4.2 Studieninstruktion für die Tutoren

Zu Beginn des Semesters fand eine eintägige Tutorenfortbildung statt, um einen einheitlichen und reibungslosen Studien- und Kursablauf zu gewährleisten. Die Tutoren erhielten hierbei alle erforderlichen Studien- und Kursinformationen.

Während der Präsenzkursphase wurden täglich Tutorenbriefings abgehalten, in denen die einzelnen Kurstage und anstehenden Prüfungsformate besprochen wurden. Zur besseren Organisation wurden Ablaufpläne und detaillierte Checklisten verwendet.

Insgesamt erfolgt eine standardisierte theoretische und praktische Tutorenausbildung, die schwerpunktmäßig aus der Teilnahme an einem Ultraschallkurs, einem Didaktikwochenende sowie der Absolvierung einer Ultraschallfamulatur bestand (49, 195).

3.1.5 Studiendurchführung

Die Studiendurchführung inklusive der Datenerhebung und das am Flipped-Classroom orientierte Kursmodell sind Abbildung 10 zu entnehmen.

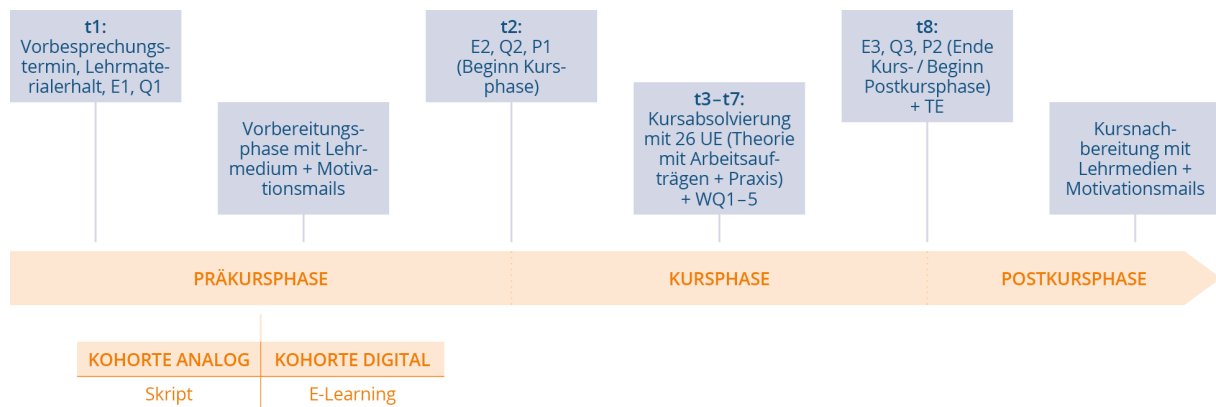


Abbildung 10: Studiendurchführung mit Erhebungszeitpunkten
E1-E3 = Evaluationen; Q1-Q3 = Quizze; P1-P2 = Praktische Prüfungen; UE = Unterrichtseinheiten; TE = Tutorenevaluation

Im Rahmen der Studie wurden zu mehreren Zeitpunkten Daten erhoben. Insgesamt fanden drei Evaluationen (E1-3), drei Quizze zur theoretischen Wissensüberprüfung (Q1-Q3) sowie zweimalig eine Überprüfung der praktischen Fertigkeiten (P1 und P2) statt. Weiterhin wurden „Warm-Up-Quizze“ (WQ 1-5) eingesetzt und am Studienende eine Evaluation durch die Tutoren (TE) durchgeführt. Der detaillierte Kursablauf und die einzelnen Kursphasen werden in Abschnitt 3.2 beschrieben. Der genaue Aufbau der einzelnen Prüfungsmodi und Evaluationen wird im Abschnitt 3.4 erläutert.

3.2 Beschreibung des Kursmodells und -ablaufs

3.2.1 Lernziele

Die Lernziele und Inhalte des Kurses orientierten sich am DEGUM Grundlagenkatalog (196) und können Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Definierte Lernziele des Ultraschallkurses

Module	Lernziele	
0 Grundlagen	Gerätebedienung, Schallkopfhaltung, Dokumentation der Patientenlagerung in zwei Ebenen, grundlegende Ultraschallphysik, Artefakte, Bildschirmorientierung, Schallkopftypen, Ultraschallterminologie, wesentliche Tastaturfunktionen, Limitationen des Ultraschalls	
	Beurteilung Normalbefunde (Bildaufnahme und Identifizierung in der Sagittal- und Transversalebene)	Beurteilung Pathologien
1 + 2a Gefäße	Aorta abdominalis, Truncus coeliacus, Arteria mesenterica superior, Arteria renalis, Arteria iliaca communis links und rechts, Vena cava inferior, Lebervenen, Milzvene, Pfortader, Nierenvenen	Aortenplaque, Aortenaneurysma, Aortendissektion, Stauung der Vena cava inferior, gutartige und bösartige Lymphknoten
2b Pankreas	Pankreaskopf und -körper, Pankreasgang, Processus uncinatus, Pankreasschwanz	Akute und chronische Pankreatitis, Konkremente im Ductus pancreaticus, Pankreaslipomatose, Pankreaskarzinom, gestauter Ductus pancreaticus
3 Leberpforte, Gallenwege, Gallenblase	Ductus hepatocholedochus, A. hepatica propria, Pfortader, intrahepatische Gallengänge, Gallenblase prä- und postprandial	Pfortadererweiterung, Pfortaderthrombose, Cholestase, Tumor im Gallengang, Gallenstein, Cholezystitis, Sludge und Hydrops, Cholesteropolypen
4 Leber	Lebervenenstern, Pfortaderebene, intrahepatische Gallengänge, Lebersegmente	Diffuse Leberläsionen (Leberzirrhose, Steatosis hepatis), gutartige und bösartige fokale Läsionen, intrahepatische Cholestase
5a Nieren	longitudinale und transversale Organachse, Nierenbreite und -länge, Pyelon/Parenchym-Verhältnis, Psoasmuskel als Leitstruktur "Gleitzeichen", Hepatorenale Pouch nach Morrison, Splenorenale Pouch nach Koller	Formvarianten, Angiomyolipom, chronisches Nierenversagen, Nierenkarzinom, Nephrolithiasis, Harnstau, Pyelonephritis, polyzystische Niere
5b Milz	longitudinale und transversale Organachse mit Messungen, Milzvene, Pankreasschwanz, Volumenbestimmung	Splenomegalie mit Kollateralen, Nebenmilz, Milzinfarkt, Milzverkalkung, Milzzysten, Milzruptur, maligne fokale Läsionen
6 Beckenorgane	Harnblase einschließlich Volumenbestimmung, Harnblasenstrahl mit Farbdoppler, Prostata einschließlich Messung, Samenblasen, Uterus einschließlich Messung, Eierstöcke, Rektum, Rektovesicaler Pouch, Douglas Pouch, A. und V. iliaca communis	Harnblasensludge und -koagel, Harnverhalt, Restharn, chronische Zystitis, Harnblasenkarzinom, Aszitis/freie Flüssigkeit Douglasraum, Prostatahyperplasie, Eierstockzyste, Uterusmyom, Intrauterinpeessar

3.2.2 Kursmodell

Das Kursmodell für diese Studie basierte auf einem Flipped-Classroom-Modell. Demnach gliederte sich der Kurs in eine Präkursphase (Kursvorbereitung), eine dreitägige Präsenzkursphase und eine Postkursphase (Kursnachbereitung).

Die Lehrinhalte mit Schwerpunkt Abdomen- und Notfallsonographie orientierten sich an den Grundlagenkatalogen der DEGUM und an Vorarbeiten von Weimer et al. (49, 62, 196). Inhaltlich wurden im Rahmen des Kurses insgesamt sechs Themenkomplexe behandelt, die 26 Unterrichtseinheiten umfassten. Der Kursaufbau und die Inhalte sind in Abbildung 11 dargestellt. Die einzelnen Kursphasen werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

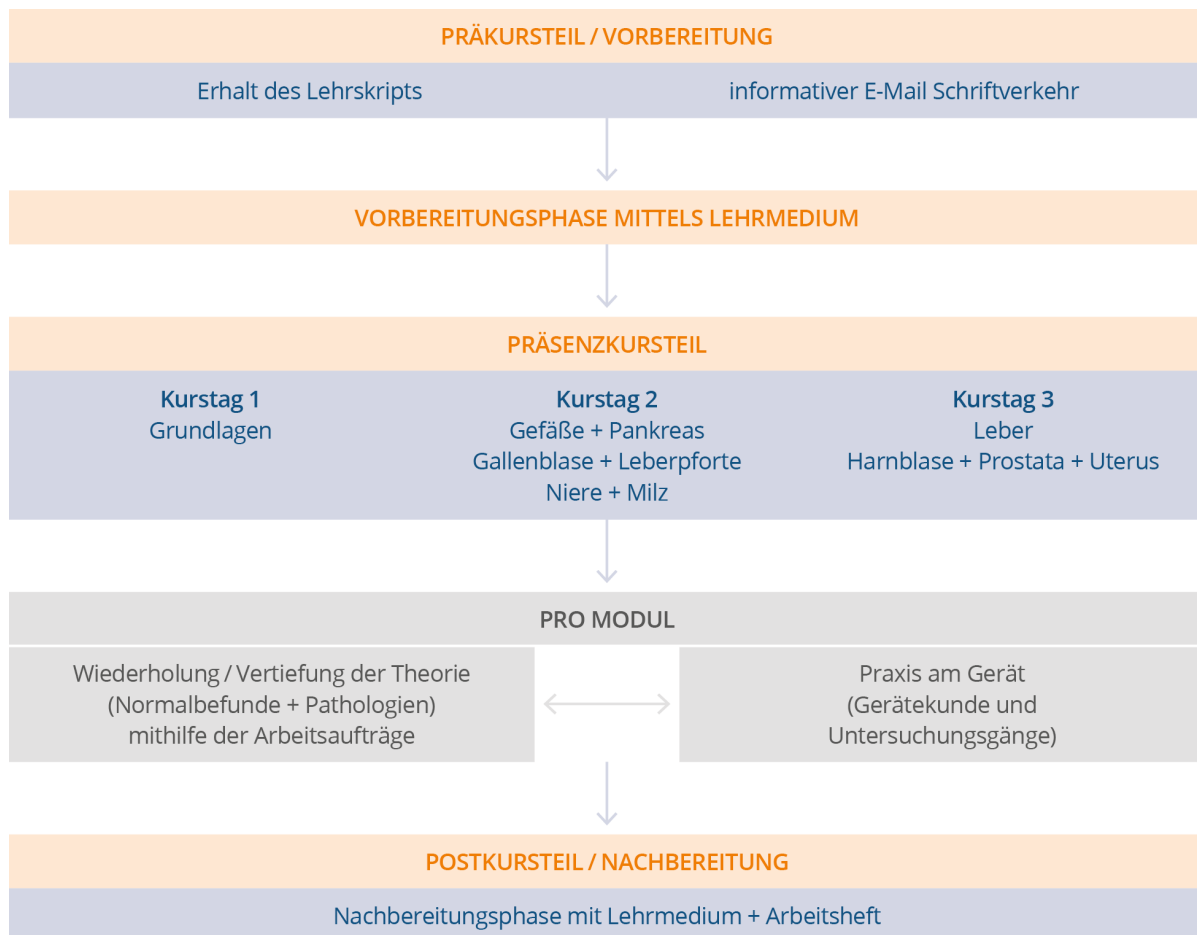


Abbildung 11: Kursmodell des Ultraschallkurses nach dem Flipped-Classroom-Modell

3.2.3 Präkursphase/ Kursvorbereitung

Nach der Vergabe der Kursplätze nahmen die Teilnehmer an einem verbindlichen Vorbesprechungstermin teil. Dort wurden sie über das sonoforklinik-students-Projekt, den Kursablauf und die Studie informiert.

Außerdem erhielten alle Studierenden das jeweilige Lehrmedium zur Vorbereitung (Kontrollgruppe: Lehrmedium Skript; Studiengruppe: Zugangsdaten zum E-Learning) sowie Informationen zur optimalen Kursvorbereitung, die der Abbildung 12 entnommen werden können.

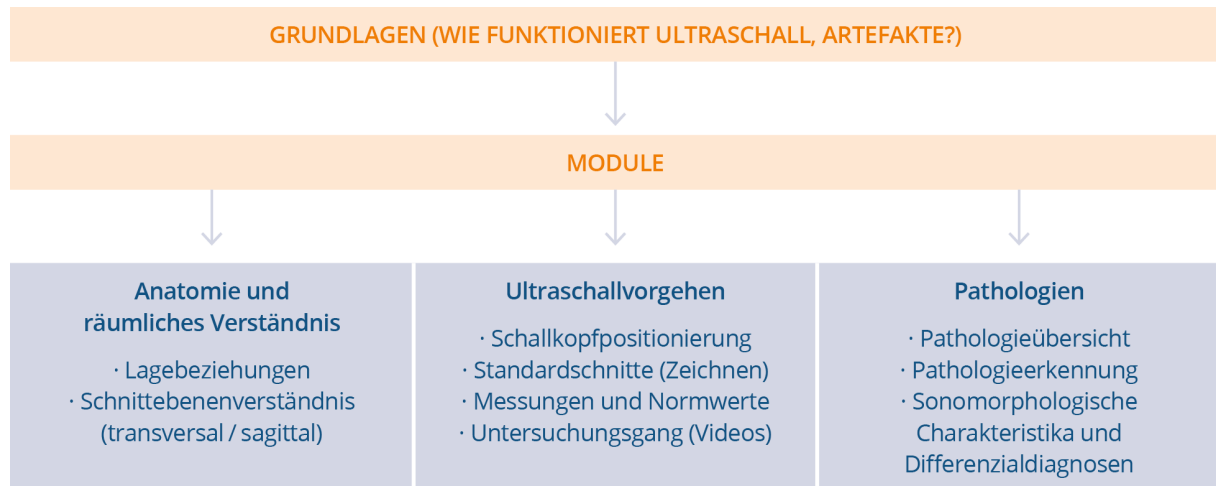


Abbildung 12: Anleitung für die Teilnehmer zur Kursvorbereitung

Weiterhin fand das erste Quiz (Q1) zur Überprüfung des theoretischen Wissens sowie die erste Evaluation (E1) statt. Eine genaue Beschreibung von Quiz und Evaluation finden sich in Abschnitt 3.4.1 und Abschnitt 3.4.2.

Die Teilnehmer hatten mindestens 14 Tage Vorbereitungszeit bis zum Start des Präsenzkurses. Sie wurden angehalten, sich mithilfe des entsprechenden Lehrmediums (Skript oder E-Learning) selbstständig das theoretische Wissen zu erarbeiten. In diesem Zeitraum wurden sie durch E-Mails zur Vorbereitung motiviert und erinnert.

3.2.4 Präsenzkursphase

Die Präsenzkursphase umfasste insgesamt 19 Stunden und 35 Minuten, verteilt auf drei Kurstage. Die Kursphase setzte sich zusammen aus 5 Stunden und 35 Minuten Praxiseinheiten („Hands-On-Training“), 9 Stunden und 20 Minuten Theorieeinheiten sowie 4 Stunden und 40 Minuten theoretischen und praktischen Prüfungen. Insgesamt wurden 26 Unterrichtseinheiten behandelt.

Die einzelnen Themenkomplexe wurden jeweils in vier Stufen erarbeitet (siehe Abbildung 13). Zunächst wurde der theoretische Inhalt mithilfe des Arbeitsheftes

wiederholt (Repetition). Anschließend absolvierten die Teilnehmer ein 10-minütiges Warm-Up-Quiz (WQ 1-5) inklusive einer Zeichenübung (Reproduktion). Darauf aufbauend folgte das Erlernen der praktischen Fertigkeiten. Die praktischen Einheiten fanden in Dreiergruppen unter Instruktion eines Ultraschalltutors statt. Hierbei schallten sich die Teilnehmer gegenseitig. Im Rahmen der letzten Stufe erlernten und wiederholten die Teilnehmer die passenden Pathologien und deren Sonomorphologie.

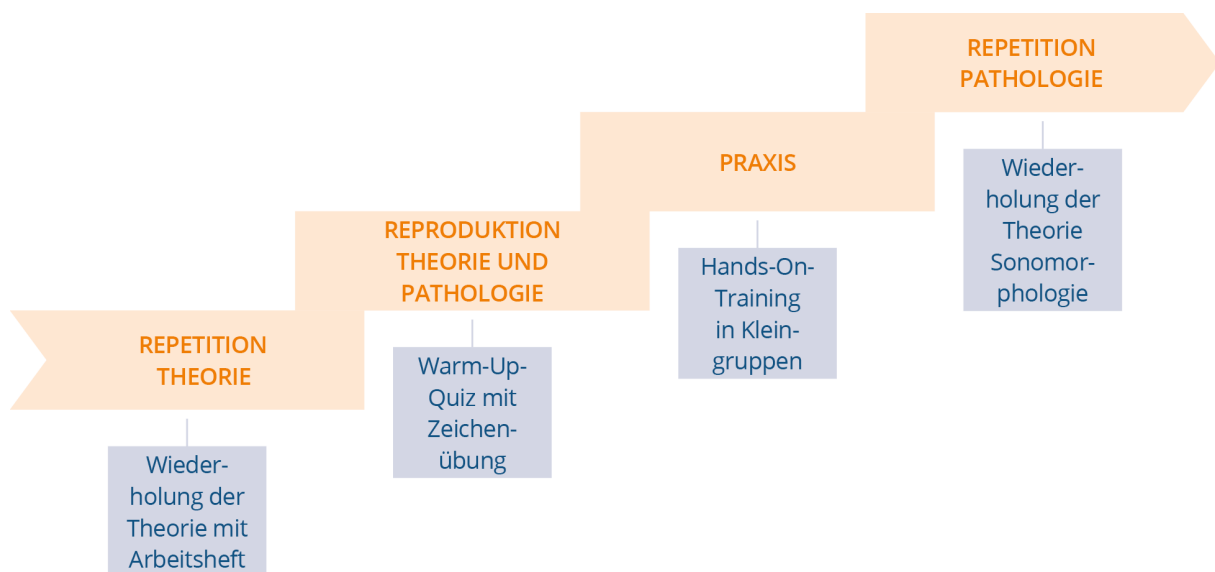


Abbildung 13: Erarbeitung der Themenkomplexe im Stufenmodell

Zu Beginn der Präsenzkursphase fand ein Quiz (Q2) statt, um das theoretische Wissen zu überprüfen. Außerdem erfolgte eine Prüfung der praktischen Ultraschallfertigkeiten ((P1), siehe Prüfungsbeschreibung in Abschnitt 3.4.3). Darüber hinaus wurde das zur Vorbereitung genutzte Lehrmedium evaluiert (E2).

Die Präsenz-Kursphase endete mit einer praktischen Prüfung (P2) und einem Quiz (Q3) zur Überprüfung des theoretischen Wissens. Eine Evaluation (E3) dokumentierte die Bewertung der Lehrmedien und den subjektiven Lernfortschritt der Teilnehmer. Zusätzlich bearbeiteten die Tutoren eine Evaluation (TE) zum Einsatz der jeweiligen Lehrmedien und des Kursmodells.

3.2.5 Postkursphase/ Kursnachbereitung

Die Kursnachbereitung sah eine erneute eigenständige Wiederholung der Lehrinhalte mit Skript und E-Learning vor. Nach Abschluss des Kurses erhielten die Teilnehmer das jeweils andere Lehrmedium zur Nachbereitung. Das Ziel der Nachbereitungsphase bestand darin, das erlernte Wissen zu festigen und im Rahmen des weiteren Curriculums in Form von Famulaturen und Praktika anzuwenden und zu vertiefen.

3.3 Beschreibung der Lehrmedien

Im folgenden Abschnitt werden die eingesetzten Lehrmedien bzw. Lehrmaterialien vorgestellt. Die Erarbeitung der eingesetzten Lehrmedien erfolgte in Kooperation mit erfahrenen Ultraschallexperten (DEGUM III) sowie Didaktikern und orientierte sich an den Grundkurscurricula für die Abdomen- und Notfallsonographie der DEGUM (196).

3.3.1 Arbeitsheft

Die Teilnehmer erhielten für die drei Kurstage ein Arbeitsheft mit Arbeitsaufträgen zur Erarbeitung, Wiederholung und Vertiefung des erlernten Wissens. Die Arbeitsaufträge waren nach Organsystemen und Normalbefunden bzw. Pathologien unterteilt. Anhand dieser Aufträge sollte die Theorie zu allgemeinen sonographischen Grundlagen, einzelnen Organsystemen und Pathologien im Rahmen der Kurstage mithilfe der Lehrmedien wiederholt werden.

The image shows a screenshot of a work sheet divided into two main columns, labeled 'a1' and 'a2' at the top. The left column (a1) is titled 'Modul Gefäße und Pankreas' and contains sections for 'Theorie Gefäße', 'Anatomie', and 'Workflow'. The right column (a2) is titled 'Modul 1+2' and contains 'Grundlagen' and 'SAGITTALE UNTERSUCHUNG Aorta'. Below these are two more sections, 'b1' and 'b2', which focus on 'Pathologien Gefäße' and 'Pathologien' respectively. The tasks involve identifying anatomical structures, understanding ultrasound techniques, and recognizing various pathologies like atherosclerosis, aneurysms, and dissections.

Modul Gefäße und Pankreas a1

Theorie Gefäße

Anatomie

- 1.) Wiederhole die **Anatomie des Retroperitoneums**. Klicke dich durch die Slides „Anatomie“ und verdeutliche dir noch einmal, wie Aorta und V. cava inferior verlaufen und welche **Abgänge bzw. Zuflüsse** sie erhalten.
- 2.) Welche Fragen stellt sich der Untersucher, wenn er die Gefäße des Retroperitoneums untersucht? (Slide „Workflow: **Fragestellung**“)

Workflow

- 3.) Wie entsteh das sagittale Ultraschallbild? Überlege dir noch einmal, wie man hierzu den Ultraschallkopf positioniert. Mache dir dann klar, wo im Ultraschallbild kranial, kaudal, ventral und dorsal sind. (Slide „Workflow: Prinzip Schnittebenen sagittal“)
- 4.) Wie entsteht das transversale Ultraschallbild? Wie wird der Ultraschallkopf positioniert. Und wo im Ultraschallbild befinden sich links, rechts, ventral und dorsal? (Slide „Workflow: Prinzip Schnittebenen sagittal“)
- 5.) Verschaffe dir anhand der Abbildungen **benötigte Schnittebenen sagittal** und **benötigte Schnittebenen transversal** eine Übersicht über die verschiedenen Anlotungspunkte. Welche Stationen werden vom Untersucher aufgesucht? (Slides „Benötigte Schnittebenen sagittal“ und „Benötigte Schnittebenen transversal“).

Pathologien Gefäße b1

Aorta

- 1.) Klicke dich nun durch die Aorta-Pathologien (**Artherosklerose, Aortenektasie-/Aneurysma, Dissektion, Ruptur, Aortenstenose/Verschluss**). Versuche die Pathologien auf den Ultraschallbildern zu erkennen und kontrolliere mittels der Klickfunktion.
- 2.) Wiederhole die **verschiedenen Aneurysmaformen**. Nutze hierzu auch die Graphiken. Anschließend bestimme in den Ultraschallbildern, ob es sich um sack- oder spindelförmige Aneurysmen handelt und wie die Lumenlage ist (exzentrisch oder konzentrisch). (Slides „Aortenektasie-/Aneurysma“)
- 3.) Wie erkennst du eine Aortendissektion? Was ist hier prägnant? (Slides „Dissektion“)
- 4.) Wie stellt sich ein Gefäßverschluss dar (insbesondere im Color-Modus)? (Slides „Aortenstenose/ Verschluss“)

Vena cava inferior

- 5.) Bearbeite nun die Pathologien der Vena cava inferior (**Hyo- und Hypervolämie, Rechtsherzinsuffizienz, Thromben**). Versuche die Pathologien auf den Ultraschallbildern zu erkennen und kontrolliere mittels der Klickfunktion.

Lymphknoten

- 6.) Nun geht es um die **Lymphknotenbeurteilung**. Wiederhole auf den ersten Slides die Unterscheidung benigne und maligne Lymphknoten. Versuche anschließend die Lymphknoten in den Ultraschallbildern zu identifizieren. (Slides „Lymphknotenbeurteilung: Lymphknoten“)

Modul 1+2 a2

Grundlagen (siehe hierfür Ultraschallskript S. 11-46)

- 1.) Welche Fragen stellt sich der Untersucher, wenn er die Gefäße des Retroperitoneums untersucht?
- 2.) Betrachte die Anatomieabbildung auf Seite 11. Verdeutliche dir noch einmal, wie Aorta und V. cava inferior verlaufen und welche Abgänge bzw. Zuflüsse sie erhalten.

SAGITTALE UNTERSUCHUNG Aorta

- 3.) Wie entsteh das sagittale Ultraschallbild? Überlege dir noch einmal, wie man hierzu den Ultraschallkopf positioniert. Mache dir dann klar, wo im Ultraschallbild kranial, kaudal, ventral und dorsal sind.
- 4.) Wie kontrolliert man, ob der Schallkopf richtig orientiert ist?
- 5.) Bist du schon fit und hast die Standardebene Aorta abdominalis sagittal im Kopf? Überlege, welche Strukturen in dieser Standardebene abgebildet werden. Schau dir die Standardebene gerne noch einmal an (auf Seite 15).
- 6.) Kannst du alle Nummern im Ultraschallbild Sagittalschnitt Aorta paramedian (Abb. 1.4.4) auf Seite 15 benennen?
- 7.) Wiederhole kurz die Messpunkte und die entsprechenden Normwerte (Seite 16).

Pathologien (siehe hierfür Pathoskript S. 3-37) b2

Aorta

- 1.) Verdeutliche dir auf den Seiten 3-15 die Aorta-Pathologien. Versuche die Pathologien auf den Ultraschallbildern zu erkennen und kontrolliere mittels des kleinen nachgeführten Bildchens.
- 2.) Wiederhole die **verschiedenen Aneurysmaformen** (Punkt 1.2). Nutze hierzu auch die Graphiken. Anschließend bestimme in den Ultraschallbildern, ob es sich um sack- oder spindelförmige Aneurysmen handelt und wie die Lumenlage ist (exzentrisch oder konzentrisch).
- 3.) Wie erkennst du eine Aortendissektion? Was ist hier prägnant?
- 4.) Wie stellt sich ein Gefäßverschluss dar (insbesondere im Color-Modus)?

Vena cava inferior

- 5.) Bearbeite nun die Pathologien der Vena cava inferior auf den Seiten 15- 20.

Lymphknoten

- 6.) Nun geht es um die **Lymphknotenbeurteilung**. (Seite 20-24). Betrachte hier noch einmal die Tabelle (S. 21) und versuche anschließend die Lymphknoten in den Ultraschallbildern zu identifizieren.

Abbildung 14: Auszug aus dem Arbeitsheft

3.3.2 Skript

Das Skript umfasste zum eingesetzten Zeitpunkt 200 Seiten mit insgesamt zehn Kapiteln und Exkursen und war modular aufgebaut. Der detaillierte Aufbau und Inhalt kann Tabelle 3 im Abschnitt 3.3.4 entnommen werden. In jedem Modul wurden die Untersuchungsabläufe und dazugehörigen Standardeinstellungen sowie häufige Pathologien in Fließtextform dargestellt und mit Hilfe von Checklisten wiederholt. In den Exkursen wurden zusätzliche praxisrelevante Untersuchungen verschiedener Fachrichtungen beschrieben.

Den Anhang bildete ein 120 Seiten umfassender Pathologieteil. Dieser enthielt die identische Auswahl an Pathologiebildern und Beschreibungen, die auch im E-Learning

verwendet wurden. Die theoretischen Grundlagen der einzelnen Krankheitsbilder wurden sortiert nach Organsystemen stichpunktartig beschrieben. Zudem wurden Ultraschallbilder im Originalzustand und mit gekennzeichneten Strukturen und Pathologien nebeneinander abgebildet und ein schriftlicher Befundtext angegeben.

Modul 1: Retroperitoneum Sagittal

Im Ultraschallbild stellt sich die **Aorta (2)** als echoarmes Gefäß mit einer kräftigen Wandstruktur dar. Sie ist nicht komprimierbar im Gegensatz zur VCI (Warum ist das so?). Dies kommt durch den hohen Blutdruck im Gefäß zustande. Auffällig ist auch ihr pulsierender Schlag (harter Schlag im Vgl. zur weichen Doppelpulsation der V. cava inf.). Dorsal der Aorta befinden sich die echoreichen **Wirbelkörper (1)** mit dorsaler Schallauslöschung (Warum?). Grund hierfür sind die Impedanzunterschiede zwischen den Gewebe-Strukturen und den Knochenstrukturen. Ventral ihres Durchtritts durch das Diaphragma (**Zwerchfellschnekel (7)**) bilden den Hiatus aorticus lässt sich der **Ösophagus (8)** identifizieren (Nachweis z. B. durch Gummibärchenschlucken).

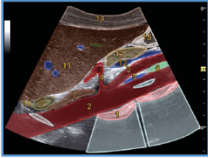


Abb. 1.4.6.A Aorta sagittal markiert (Bild:JW+ CI)

Weitere Strukturen (von kranial nach kaudal) sind der **Truncus coeliacus (4)**, dessen Abgänge (Welche?) zu erkennen sind, und die **A. mesenterica superior (3)** mit ihrem langen Verlauf und der „eingeknickten“ **V. renalis sinistra (5)** im Querschnitt sowie der **Pars horizontalis duodeni (6)**. Ventral der A. mesenterica superior verläuft das **Pankreas (13)**, zwischen dessen Unterrand sie zusammen mit der V. mesenterica sup. über die Vorderfläche der **Pars horizontalis duodenalis (6)** zieht und mit ihren Abgängen im Mesenterium endet. In dem genannten Bereich können Pankreas- oder Corпустumore das Lumen der A. mesenterica sup. einengen. Der linke Teil der **Leber (11)** dient als Schallfenster. Dorsal von ihr lässt sich das **Pankreas (13)** mit V. lienalis und ihrem **Confluens (12)** antreffen. Der **Magen (15)** ist in dieser Standardebene auch angeschnitten und kann die Sicht auf die kaudalen Abschnitte der Aorta erschweren (Was hilft?). Um diese Situation ein wenig zu verbessern, können wir dem Patienten Atemkommandos geben sowie den Druck des Schallkopfes erhöhen (Wozu dient das?). Dadurch lassen sich Magen und Darmgase zur Seite schieben und die Leber als Schallfenster wandert nach kaudal.

1.4.2 Begutachtung und Beurteilung:

Um die Aorta zu beurteilen, muss ein Bild eingestellt werden, das den **maximalen Durchmesser des Gefäßes** im Sagittalschnitt wiedergibt. Man schaut nach **arteriosklerotischen Veränderungen** (echoreiche Strukturen) und **Lumenveränderungen** (Messung des Lumens supra- und infrarenal). Die Messung erfolgt suparenal (kranial des Abganges der Nierenarterie, Leitstruktur: kranial des Truncus coeliacus) und infrarenal (kaudal des Abganges der Nierenarterie, also kaudal der A. mesenterica sup.) **senkrecht zum Gefäßverlauf**. Dabei wird die Gefäßwanddicke nicht berücksichtigt. Zusätzlich können der **Gefäßdurchmesser der AMS (Wozu?)** und der **Abstand zur Wirbelsäule (Wozu?)** bestimmt werden. Hierdurch lassen sich Rückschlüsse auf eventuelle Raumforderungen, die das Lumen der AMS einengen, oder auf Lymphknoten oder Raumforderungen, die den Abstand zur Wirbelsäule vergrößern, ziehen. Optimalerweise bestimmt man auch noch den **Aorten-AMS-Winkel**. Um die Aorta zu finden/untersuchen kann man sich auch des **Doppler/Color-Modus oder der Duplexsonographie** bedienen.

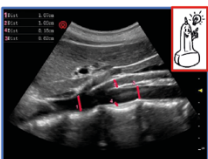


Abb. 1.4.6.B Messungen Aorta sagittal (Bild: [2])

Normwerte	
1 = Aorta suparenal	< 2,5 cm
2 = Aorta infrarenal	< 2,0 cm
3 = AMS-Lumenweite	< 0,5 cm
4 = Aorta-Lendenwirbelkörper (LWK) Distanz	< 0,5 cm

Ultraschallkurstskript

Modul 1: Retroperitoneum Sagittal

1.4.3 Untersuchungsablauf kompakt:

1. **Presetwahl + Patient lagern** und Gel auftragen
2. **Aufsuchen des Xiphoids** und Tasten des epigastrischen Winkels
3. **Schallkopf positionieren** (Wo ist die Aorta zu finden? → links paramedian): senkrecht aufsetzen des Schallkopfs an der **Linea alba**
4. **Schallkopforientierung** überprüfen: Abkoppeln nach kranial → es muss auf der linken Seite des Bildes schwarz werden
5. leichtes **Schwenken nach links** (Aorta befindet sich links neben VCI: siehe anatomische Verhältnisse)
6. **Druck ausüben** (Luft und Darmschlingen verdrängen)
7. **Atemkommando** geben (→ Schallfenster der Leber ausnutzen)
8. **Ebene** aufsuchen und dann **durchmustern**: Dabei besonders auf die **Tiefeneinstellung** achten: die Wirbelkörper sollten ganz unten sein, hinter ihnen soll kein Platz mehr sein und das Zwerchfell sollte sichtbar sein, ggf. **Doppler/Color-Modus** und Duplexsonographie

1.4.4 Einstellung V. cava inferior:

Um die VCI im Ultraschallbild einzustellen, müssen wir den Schallkopf ausgehend von der senkrechten Position auf der Linea alba (Wie lässt sich die korrekte Schallkopforientierung überprüfen?) leicht nach rechts schwenken, da die **V. cava inferior paramedian rechts** liegt. Um sich dies zu verdeutlichen, schau dir die Standardebene 2 (Abb 1.4.9) sowie das zugehörige Ultraschallbild (Abb. 1.4.8) an und mache dir die Zusammenhänge mit den anatomischen Abbildungen klar.




Abb. 1.4.7 Oberbauch-Sagittalschnitt rechts paramedian, V. cava inf.: Beachte die Position des Schallkopfes nach dem Schwenken nach rechts. (Bild: JW)

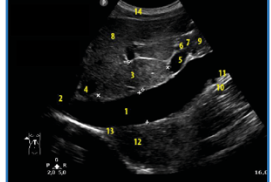


Abb. 1.4.8 Ultraschallbild: Sagittalschnitt V. cava inf. rechts paramedian (Bild: JW)

Legende:

1 = V. cava inferior (VCI)	5 = V. portae	9 = Pankreas	13 = Diaphragma
2 = Herz	6 = A. hepatica	10 = Wirbelkörper	14 = Bauchwandschichten
3 = Lobus caudatus	7 = Ductus hepatocholeochus (Dhc)	11 = A. renalis dextra	
4 = V. hepatica	8 = Leber	12 = Leber	

Ultraschallkurstskript

Abbildung 15: Auszug aus dem Skript

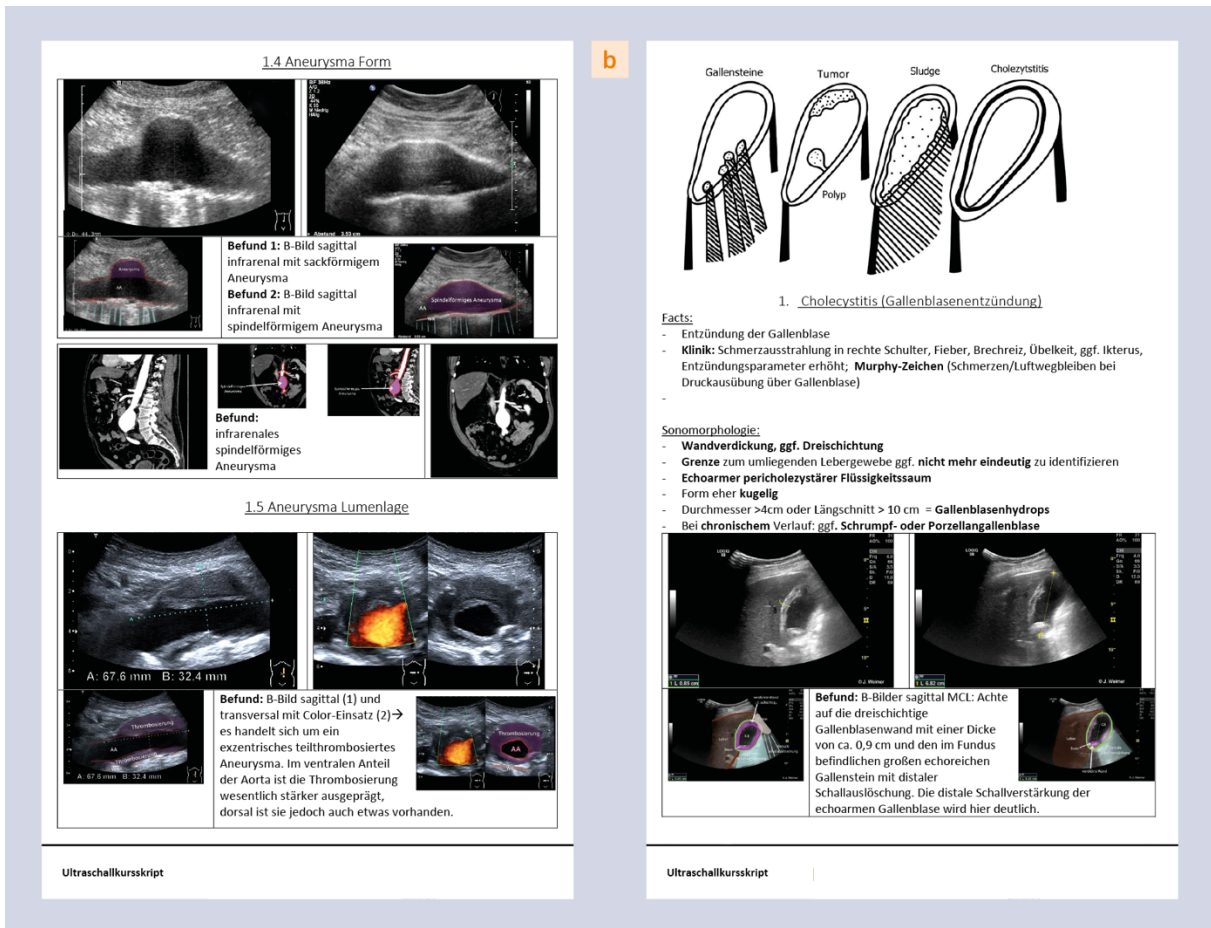


Abbildung 16: Auszug aus dem Pathologieteil


3.3.3 E-Learning

Das eingesetzte E-Learning „sonoforklinik-digital“ (SonoForKlinik, Waldbrunn-Lahr, Deutschland) war online über einen Internetbrowser aufrufbar (197). Der Zugriff erfolgte nach Eingabe der Zugangsdaten.

Das E-Learning bestand aus zehn Kapiteln, die nach den einzelnen Organsystemen sortiert waren (siehe Tabelle 3 im Abschnitt 3.3.4). Jedes Modul war grundsätzlich identisch strukturiert und aus einzelnen Slides (Karteikarten) aufgebaut. Diese Slides beinhalteten Fragen, Tabellen, Abbildungen und Graphiken, die durch eine Klickfunktion („Auflösen“) beantwortet, eingefärbt oder beschriftet werden konnten. Zusätzlich abrufbare Videofilme ermöglichten das Erlernen der Ultraschallkopfführung, der Untersuchungsvorgänge und zeigten Ultraschallclips.

Schnittebenen – Sagittalschnitt a1

- Schnitt geht durch die Längsachse des Patienten
- Man schaut nun von patientenrechts auf den Körper des Patienten
- Der Ultraschall liefert dann (je nach Schallkopftyp) einen kaffeefilterförmigen Ausschnitt der untersucherfernen Körperhälfte, auf den man seitlich sieht.




Auflösen

Quiz
Wo befindet sich kranial kaudal, ventral, dorsal?

Zurück Weiter

Schnittebenen – Sagittalschnitt a2

- Schnitt geht durch die Längsachse des Patienten
- Man schaut nun von patientenrechts auf den Körper des Patienten
- Der Ultraschall liefert dann (je nach Schallkopftyp) einen kaffeefilterförmigen Ausschnitt der untersucherfernen Körperhälfte, auf den man seitlich sieht.




Verbergen

Quiz
Wo befindet sich kranial kaudal, ventral, dorsal?

Zurück Weiter


Übersicht Niere b1

Rechte Niere sagittal




Beschriftung
Ultraschallbild
Auflösung
Clip

Rechte Niere transv.




Linke Niere sagittal



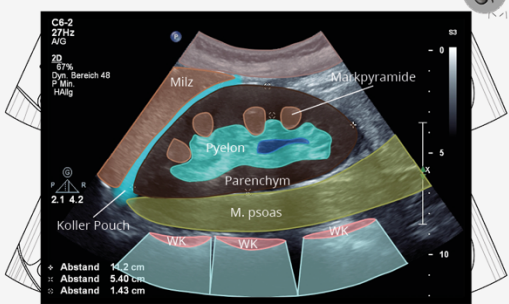
Beschriftung
Ultraschallbild
Auflösung
Clip

Linke Niere transversal





Zurück Weiter

Übersicht Niere b2



Harnaufstau (Hydronephrose) e1

Beschreibe den auf den Ultraschallbildern und Clips gezeigten **Befund** und schätze den **Grad des Aufstaus** ein. Identifiziere die Parenchym-Pylon-Grenze!



Auflösen Clip **Auflösen Clip**

Befund, Bild sagittal rechte Niere: Achte auf die sonomorphologischen Eigenschaften bei zunehmendem Harnstau (Kelchdilatationen, Parenchymverschmälerung, verminderter Sinusreflex, stumpfer Fornixwinkel, abgeflachte Papillen) → Harnstau Grad 3–4.

Zurück Weiter

Harnaufstau (Hydronephrose) e2

Beschreibe den auf den Ultraschallbildern und Clips gezeigten **Befund** und schätze den **Grad des Aufstaus** ein. Identifiziere die Parenchym-Pylon-Grenze!

Auflösen Clip **Auflösen Clip**

Befund, Bild sagittal rechte Niere: Achte auf die sonomorphologischen Eigenschaften bei zunehmendem Harnstau (Kelchdilatationen, Parenchymverschmälerung, verminderter Sinusreflex, stumpfer Fornixwinkel, abgeflachte Papillen) → Harnstau Grad 3–4.

Zurück Weiter

Abbildung 17: Auszug aus dem E-Learning

3.3.4 Vergleich Skript und E-Learning

In den folgenden Tabellen werden die Unterschiede zwischen Skript und E-Learning gegenübergestellt.

Abbildung 18 und Abbildung 19 greifen zudem gezielt die didaktischen Unterschiede der Lehrmedien in visualisierter Form auf.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Grundcharakteristika von Skript und E-Learning

	Skript	E-Learning
Umfang	320 Seiten	1084 Slides
Textform	Fließtext	Stichpunkte (Aufgaben teilweise in Sätzen)
Verfügbarkeit/ Voraussetzungen	Einmaliger Erwerb des Skripts	Endgerät und Internetverbindung, Aufrufen der Internetseite, Freischaltung durch Code

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Gliederung von Skript und E-Learning

	Skript	E-Learning
Aufbau und Inhalt	Vorwort	Willkommenseite
	Inhaltsverzeichnis (gegliedert nach Modulen) und Seitenzahlen zur Themenfindung	Übersichtseite (gegliedert nach einzelnen Organsystemen) und Sidemenues zur Themenfindung
	Umblättern von Seiten	Klicken durch Karteikarten
	A) Grundlagen: Bildentstehung und Artefakte B) Schallkopffarten und Schallkopfhandling C) Grundlagen: Geräteerklärung 1. Modul: Retroperitoneum sagittal 2. Modul: Retroperitoneum transversal 3. Modul: Leberpforte, Gallenwege, Gallenblase 4. Modul: Leber 5. Modul: Niere und Milz 6. Modul: Beckenorgane 7. Modul: Notfallsonographie-FAST, eFAST und Lungensonographie 8. Modul: Kopf-Hals-Sonographie 9. Modul: Angiologie D) Dokumentation E) Exkurs	Grundlagen Gefäße Milz Pankreas Gallenblase Leber Niere Harnblase Prostata + Samenbläschen Uterus + Ovarien
Gliederung der einzelnen Themenkomplexe	1. Grundlagen und klinische Relevanz 2. Anatomische Grundlagen 3. Standardschnitte und Messungen 4. Schallanleitung 5. Checkliste und Fragen zur Vorbereitung 6. Pathologien 7. Praktische Aufgaben	1. Anatomie 2. Workflow 3. Schallanleitung 4. Standardschnitte und Messungen 5. Wiederholung/ Checkliste 6. Pathologien - Facts - Beispielbilder

Tabelle 5: Gegenüberstellung des inhaltlichen Aufbaus von Skript und E-Learning

	Skript	E-Learning
Anatomie	Fließtext	Steckbriefcharakter mit folgenden Kategorien: Lage, Anatomische Besonderheiten, Funktion, Echogenität
	Anatomische Zeichnungen mit Beschriftung	Anatomische Zeichnungen, durch Klickfunktion Beschriftung
Workflow	Fließtext („Anschließend erfolgt die Drehung des Schallkopfes...“)	Stichpunktartige Beschreibung mit Bildern der Schallkopfposition
	Bilderserie mit einzelnen Schallschritten	Für Einstellung einzelner Standardebenen Video mit Bild und Ton (Erklärung). Für jedes Organ abschließend Video, das Schallkopfführung und korrespondierendes Ultraschallbild für vollständige Organdurchmusterung demonstriert
Schallanleitung	Einzelne Schallschritte als Aufzählung	
Standardschnitte	Fließtext beschreibt Aufbau von dorsal nach ventral	Keine Textbeschreibung
	Gezeichnete Standardschnitte mit Beschriftung aller Strukturen	Standardschnitte leer, Strukturen erscheinen durch Klickfunktion, durch weiteres Klicken erfolgt Beschriftung
	Ultraschallbild mit nummerierten und farbig nachgefahrenen Strukturen (Auflösung Nummerierung findet sich im Fließtext)	Ultraschallbild, durch Klickfunktion werden Strukturen nachgefahren und beschriftet Ultraschallvideos ohne/mit Beschriftung
Messungen und Beurteilung	Messungen als Fließtext sowie an Ultraschallbild visualisiert	Messungen an Ultraschallbildern durch Klickfunktion visualisiert Messungen in Ultraschallvideo durch Untersucher gezeigt
	Beurteilung als Fließtext und am Ende jedes Kapitels stichpunktartig nochmals wiederholt	Beurteilungskriterien nach Kategorien und Unterpunkten in Mindmap gezeigt (Auflösung durch Klickfunktion)
Pathologien	Identisches Bild- und Textmaterial	
	Pathologien stichpunktartig immer gleich dargestellt (Facts, Sonomorphologie)	
	Jeweils Ultraschallbild und Ultraschallbild beschriftet und nachgefahren nebeneinander abgedruckt	Pathologien und weitere relevante Strukturen werden durch Klicken nachgefahren und beschriftet
	Einzelne Pathologien zusätzlich als Fließtext, passende Ultraschallbilder mit Bildunterschrift	Häufig passender Videoclip hinterlegt
Wiederholung/ Checkliste	Theoretische Checkliste zum Abhaken	
	Praktische Checkliste mit Schallaufträgen	

Tabelle 6: Gegenüberstellung der Gestaltung von Skript und E-Learning

	Skript	E-Learning
Design	Wiederkehrende kategorisierte Farben (Merkkästen/ Checklisten etc.)	
	Farblich buntes Konzept	Farblich dezentes Konzept
	Anzahl und Format sowie Größe der Bilder/Abbildungen/ Merkkästen pro Seite variieren	Meist 2-4 Abbildungen/ Bilder/ Videos pro Karteikarte
Bilder	Kleinformatige Bilder	Bildgröße je nach Endgerät, durch Klickfunktion Vergrößerung möglich
	Bilder oftmals beschriftet oder direkt in nachgefahrener Ansicht	Bilder durch Klickfunktion nachgefahren/ beschriftet
Videos	Keine	Videos zu Untersuchungsgang (Schallkopfführung), Ultraschallclips und Pathologieclips

a1

Inhalt

Vorwort 1

A) Grundlagen: Bildentstehung und Artefakte 2

B) Grundlagen: Schallkopfarten und Schallkopfhaltung 6

C) Grundlagen: Geräteklärung 8

1. Modul: Retroperitoneum Sagittal 11

2. Modul: Retroperitoneum Transversal 26

3. Modul: Leberpforte, Gallenwege, Gallenblase 47

4. Modul: Leber 63

5. Modul: Niere und Milz 82

6. Modul: Beckenorgane 103

b1

Modul 1: Retroperitoneum Sagittal

1.3 Ultraschallbildentstehung Sagittal:

Das Ultraschallbild in sagittaler Ebene zeigt einen Ausschnitt des Patienten, der folgendermaßen entsteht: Man stelle sich den Patienten in der Längsachse mittig „erschritten“ vor und schaue dann von rechts auf die linke Hälfte des Körpers (Abb. 1.3.1). Der Ultraschall liefert dann einen kaffeefilterförmigen Ausschnitt dieser Körperhälfte, je nach Position des Schallkopfes. Wo befindet sich dann im Ultraschallbild kranial, kaudal, ventral und dorsal (Abb. 1.3.2)?



Abb. 1.3.1 Ultraschallbildentstehung sagittal (Bild: JW)

Dabei wird der kraniale Anteil des Patienten im linken Bildrand zu finden sein und der kaudale Anteil im rechten Bildrand. Die ventrale Seite des Patienten befindet sich oben im Bildrand und die dorsale Seite unten im Bildrand (Warum?). Der Schall verrechnet die Zeitunterschiede der reflektierten Wellen: ventral gelegene Strukturen erscheinen somit oben im Bild, da sie eine kurze Schalllaufstrecke haben, tiefer gelegene, kaudale Strukturen erscheinen unten im Bild, da der Schall, um bis zu ihnen zu gelangen, eine lange Laufstrecke zurücklegt.



Abb. 1.3.2 Ultraschallbild sagittal (Bild: JW)

Es ist enorm wichtig, dieses Prinzip und die Entstehung der Bilder nachzuvollziehen, also am besten den Absatz jetzt noch einmal in Ruhe lesen ☺.

c1

3.3.3 Gallenblase:

Die schallkopfnah Lage der Gallenblase und das für die Durchmusterung nutzbare akustische Schallfenster der Leber ermöglichen eine optimale Abbildung der Gallenblase (Linearschallkopf auch einsetzbar). Dazu ist es wichtig, dass der Patient für die Untersuchung nüchtern ist (präprandiale Untersuchung).




Abb. 3.3.14 MCL Schnitt Gallenblase: Schallkopfhaltung. Blaue Linie: MCL (Bild: JW)

In diesem Schnitt erkennt man die Mündung der V. portae (8) in die Leber (1). Dabei lassen sich die Strukturen des Lig. hepatoduodenale von ventral nach dorsal erkennen (Reihenfolge: ventral → dorsal: DHC, A. hepatica, V. portae). Der DHC (11) ist ventral gelegen und lässt sich als leicht echorische Struktur mit kleinem echaarmen Lumen erkennen. Danach erfolgen meist zwei Querschnitte der A. hepatica propria (10) (Warum?). Diese hat, wie viele Arterien in unserem Körper, einen spiraligen Verlauf (Welche noch? → A. splenica). Wie auch in den Nierenvenenkreuzungs-Schnitt (au dem dem diesen Schnitt ja einstellen kann) lässt sich hier im rechten Bildrand die anatomische Schichtung erkennen. Dorsal liegt ein Wirbelkörper (gelb), als nächstes kommt die Aorta abdominalis (1) mit ihren hier nur noch schwach erkennbaren Nierenarterienabgängen (4,5). Oberhalb von der Aorta wird wieder die in die V. cava (2) mündende V. renalis sinistra (blauer Strich) im „außenaußen“ durch die AMS (7) „eingeklemmt“. Oberhalb von ihr befindet sich noch ein kleiner Abschnitt des Pankreas (9).

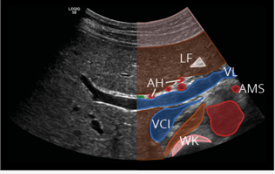



Abb. 3.3.3 Sagittalschnitt Leberpforte Color-Modus: Beachte die dünne schwarze Struktur: DHC (11) (Bild: JW)

a2


Herzlich willkommen auf der **Modulübersichtseite** des SonoFroKlinik e-learnings. Über die **Icons** gelangst du direkt zu den entsprechenden **Lerneinheiten!**



Grundlagen


Gefäße


Milz


Pankreas



Gallenblase


Leber



Niere


Harnblase


Prostata + Samenblaschen


Uterus + Ovarien


E-Fast


Beinvenen

b2

Schnittebenen – Sagittalschnitt

- Schnitt geht durch die Längsachse des Patienten
- Man schaut nun von patientenrechts auf den Körper des Patienten
- Der Ultraschall liefert dann (je nach Schallkopftyp) einen kaffeefilterförmigen Ausschnitt der untersucherfernen Körperhälfte, auf den man seitlich sieht.



Auflösen

Quiz
Wo befindet sich kranial kaudal, ventral, dorsal?

Zurück Weiter

c2

Schallkopfführung Gallenblase sagittal MCL

Übung: Schau das Video an und prüfe dir die Schallkopfführung zur sagittalen Darstellung der Gallenblase ein.



Tipps

- Aufsetzen des Schallkopfes in der rechten Medioclaviculärlinie („Mamillenhöhe“) direkt unterhalb des Rippenbogens
- Atemkommandos geben und ggf. nach kranial angulieren

Zurück Weiter

d2

Standardschnitt Leberpforte sagittal ventral

Schau dir die folgenden Ultraschallbilder und -clips an und versuche alle Strukturen zu erkennen! Mache dir den Aufbau der Ebene klar! Ein Einsatz des Farbdopplers kann helfen die Gefäße und Gallengänge zu differenzieren!



Beschriftungen Clip

Zurück Weiter

Abbildung 18: Didaktische Unterschiede von Skript (links) und E-Learning (rechts) (1/2)

54

e1

Ventral der V. cava inf. stellt sich die **V. portae (6)** dar, deren Mündung in die **Leber (9)** im sog. Ligamentum hepatoduodenale bzw. der Leberpforte zu erkennen ist (Welche Strukturen fehlen noch?). Wie auch in den anderen Schnitten dient die Leber uns wieder als Schallfenster. Der Einsatz des **Color-Modus** kann hier helfen, um die Abgänge des Truncus zu identifizieren (Abb. 2.4.6.B).

Von diesem Schnitt aus könnten wir die Portalvene genauer verfolgen bis wir die Leberpforte wie in der „Standardebene Leberpforte (Modul 3) einstellen könnten. Dabei spielen wieder die Kenntnisse der anatomischen Gegebenheiten eine Rolle. Es ist z. B. schwierig, auf der Grundlage eines Schnittes alle Strukturen genau zu beschreiben, vielmehr macht man sich in der **Untersuchung zu Nutze**, die **Strukturen verfolgen zu können**, um sie dann **genauer zu identifizieren**.

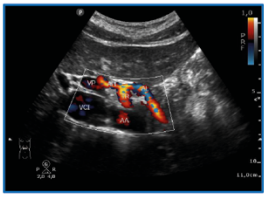



Abb. 2.4.6.B Standardschnitt Truncus coeliacus mit Color-Modus Einsatz (Bild: JW)

f1

Anschließend erfolgt eine **Drehung des Schallkopfes um 90 Grad gegen den Uhrzeigersinn**, um die Gallenblase im **Transversalschnitt** zu beurteilen. Auch hier wird dann wieder nach kranial und kaudal geschwenkt, um das Organ zu beurteilen und anschließend zu messen.

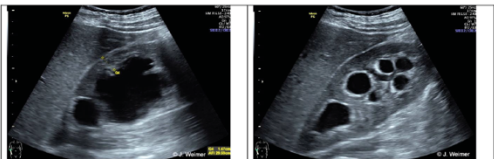
Abb. 3.3.17 A Lagerungsvarianten Linkseitenlage (Bild: JW)

Abb. 3.3.17 Transversale Einstellung der Gallenblase (Bild: JW)



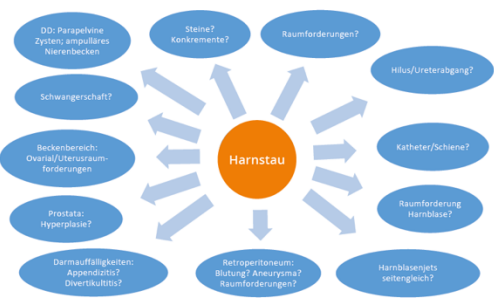
Neben diesen Anlotungen gibt es auch noch die Möglichkeit, bei schlechten Schallbedingungen, die durch Darmgase von Colon und Duodenum verursacht werden, die Gallenblase **interkostal oder in Linkseitenlage** zu schallen. Zusätzlich kann man den **Patienten auch im Stehen schallen** (Warum?). Im Infundibulum befindliche Steine bewegen sich dann Richtung Fundus, wo man sie besser erkennen kann.

g1



Befund: Bild sagittal rechte Niere: Achte auf die sonomorphologischen Eigenschaften bei zunehmendem Harnstau (Kelchdilatationen, Parenchymverschmälerung, verminderter Sinusreflex, stumpfer Fornixwinkel, abgeflachte Papillen) → Harnstau Grad 3-4

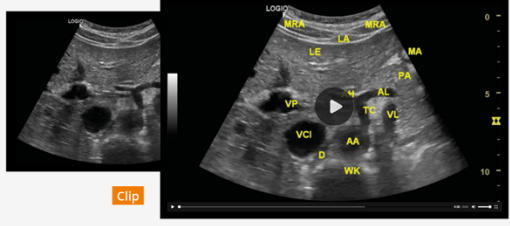
h1



e2

Standardschnitt Truncus coeliacus transversal

Wiederhole das Gelernte und **identifiziere alle Strukturen** auch in diesen Clips. Achte auf die Abgänge des Truncus coeliacus, sowie die Darstellung der großen Gefäße (V. cava inferior und Aorta abdominalis).

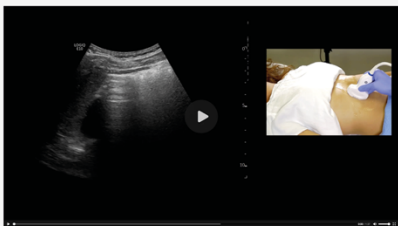


Zurück Weiter

f2

Einstellungsvideo Gallenblase transversal

Übung: Im Video siehst du den transversalen Untersuchungsgang der Gallenblase. Verdeutlich dir erneut die Schallkopfführung und präge dir den Untersuchungsgang ein.

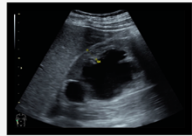



Zurück Weiter

g2

Harnaufstau (Hydronephrose)

Beschreibe den auf den Ultraschallbildern und Clips gezeigten **Befund** und schätze den **Grad des Aufstaus** ein. Identifiziere die Parenchym-Pyelon-Grenze!

Zurück Weiter

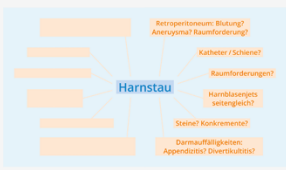
Befund, Bild sagittal rechte Niere: Achte auf die sonomorphologischen Eigenschaften bei zunehmendem Harnstau (Kelchdilatationen, Parenchymverschmälerung, verminderter Sinusreflex, stumpfer Fornixwinkel, abgeflachte Papillen) → Harnstau Grad 3-4.

Zurück Weiter

h2

Harnaufstau (Hydronephrose)

Überlege dir **Ursachen und Differenzialdiagnosen**, die bei einem Harnstau in Frage kommen.



Zurück Weiter

Merke: Erkennt man einen Harnstau im Ultraschall, sollte man versuchen, die zugrunde liegende Ursache zu finden!

Zurück Weiter

Abbildung 19: Didaktische Unterschiede von Skript (links) und E-Learning (rechts) (2/2)

3.4 Beschreibung der Prüfungsformate und Evaluationen

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Evaluationsbögen und Prüfungsformate dargelegt. Diese wurden neben der Messung des Kompetenzzuwachses auch bewusst als didaktisches Tool eingesetzt und dienten den Teilnehmern zur Eigenreflexion und Themenverdeutlichung.

Die für die Studie entwickelten Evaluationsbögen sowie Prüfungsformate wurden im Oktober 2020 durch alle an der Studie mitwirkenden Tutoren im Rahmen einer Fortbildung validiert.

3.4.1 Quiz-Bögen

Die Quizfragen wurden anhand vorher definierter Lernziele (siehe Abschnitt 3.2.1) erstellt. Der Schwerpunkt lag auf dem sonoanatomischen Bildverständnis (Erkennung und Strukturbeschriftung), den physikalischen Grundlagen und den häufigsten Pathologien (Erkennung, Differenzierung und Benennung).

Insgesamt wurden drei Quizze (Q1-Q3) durchgeführt. Ein Quiz bestand jeweils aus 80 Fragen mit zwei Fragetypen: Beschriftungsfragen und Lückentextfragen (siehe Anhang Anlage 1). Insgesamt konnten pro Quiz 199 Punkte (mit Ausnahme von Q3, hier 198 Punkte) bei einer Bearbeitungszeit von 50 Minuten erreicht werden. Das Quiz unterlag einer Gliederung in die drei Hauptkategorien: Grundlagenteil, Normalbefundteil und Pathologieteil.

Der Grundlagenteil prüfte die physikalischen Grundlagen, das Wissen zur Ultraschallterminologie und -knopfologie sowie das Schnittbildverständnis.

Der Normalbefundteil fragte zu jedem Standardschnitt die verschiedenen sonoanatomischen Strukturen im Ultraschallbild als Beschriftungsfragen ab. Die Ultraschallbilder waren nach Organsystemen gegliedert und durch eine Überschrift kenntlich gemacht. Als Orientierungshilfe für jeden Standardschnitt diente ein Bild und ein Piktogramm mit der Position des Ultraschallkopfes. Überdies wurden für jedes Ultraschallbild die wesentlichen Strukturen (Leitstrukturen) benannt. Pro Bild wurden zwei bis drei Leitstrukturen ausgewählt. Diese waren nicht im Test kenntlich gemacht, sondern dienten der Auswertung.

Im Pathologieteil waren Ultraschallbilder verschiedener Pathologien mit typischer Sonomorphologie abgedruckt. Zu jedem Ultraschallbild war eine Diagnose als Freitextantwort gefordert. Als Hilfestellung waren die Bilder nach Organsystemen sortiert.

3.4.2 Evaluationen

Im Rahmen der Studie wurden zu verschiedenen Zeitpunkten Evaluationen (E1-E3) erhoben. Die Evaluationsbögen (siehe Anhang Anlage 2) deckten sechs bis acht Themenkomplexe ab. Die genauen Themenkomplexe sind in der Tabelle 7 beschrieben.

Im Vordergrund der Evaluationen standen die Ultraschallerfahrungen, die subjektive Einschätzung der Ultraschallkenntnisse der Teilnehmer, das generelle Lernverhalten sowie die Lehrmediennutzung und Motivation für den Kurs. In den Bögen E2 und E3 erfolgte zudem die Evaluation des eingesetzten Lehrmediums.

In der dritten Evaluation (E3) wurden zusätzlich das Kursmodell- und der Kursablauf bewertet. Hier fand der seit 2017 eingesetzte Evaluationsbogen in modifizierter Version Anwendung (49).

Die Antworten wurden mittels einer siebenstufigen Likert-Skala (1 = trifft voll und ganz zu; 7 = trifft gar nicht zu) erfasst. Die Gesamtnote für das jeweilige Lehrmedium wurde mit einer sechsstufigen Skala („Notensystem“) abgefragt. Außerdem wurden dichotome Fragen (z.B. „Haben Sie eine Ausbildung im medizinischen Bereich?“) und Freitextfragen (z.B. Alter, Ausbildungsberuf) verwendet.

3.4.3 Praktische Prüfungen

Zur Erfassung der praktischen Kompetenzen der Studienteilnehmer wurden sogenannte OSCE-Bögen von Hofer et al. (162) für die Studie modifiziert (siehe Anhang Anlage 3).

Pro praktische Prüfung wurden drei klinische Fälle abgefragt. In jedem klinischen Fall musste der Teilnehmer zunächst das entsprechende Organ mittels Ultraschall aufsuchen (Auffinden der Standardebene) und eine vollständige sonographische Untersuchung durchführen. Anschließend war die Benennung der Strukturen im

Ultraschallbild sowie beispielweise das Durchführen von Messungen gefordert. Die Prüfungsdauer betrug jeweils 7 Minuten.

Bei der Bewertung wurden Schallkopf-Handling, Patientenführung, sonographische Untersuchung, Bilderläuterung und Gesamtperformance berücksichtigt. Die Tutoren orientierten sich dabei an einem Handlungsleitfaden, um eine einheitliche Bewertung sicherzustellen.

Die praktischen Prüfungen (P1 und P2) erfolgten zu Beginn und Ende des Präsenzkurses in zuvor festgelegten Kombinationen. Durch diese Kombinationen wurde gewährleistet, dass jeder klinische Fall pro Gruppe an einem Kurstag nur einmal geprüft wurde. Zudem wurde jedem Studierenden an Kurstag 3 einer der klinischen Fälle von Kurstag 1 erneut zugewiesen, während die beiden anderen klinischen Fälle zuvor nicht bearbeitet wurden. Die genauen Themen und die Prüfungsreihenfolge können der untenstehenden Graphik (siehe Abbildung 20) entnommen werden.

Pro klinischem Fall war das Erreichen von maximal 40 Punkten möglich, sodass insgesamt pro Dreierkombination höchstens 120 Punkte für die praktischen Fertigkeiten erzielt werden konnten.

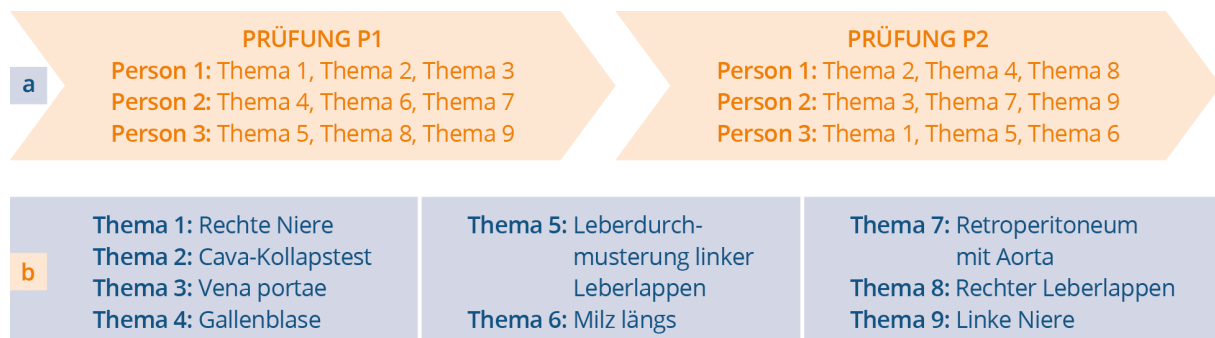


Abbildung 20: Prüfungsreihenfolge (a) und Themen (b) der Praktischen Prüfungen

3.4.4 Warm-Up-Quizze

Die sogenannten Warm-Up-Quizze (WQ) wurden bereits in den vorangegangenen Semestern als Wissensüberprüfung für das jeweilige Modul bzw. Organsystem verwendet. Im Rahmen der Studie wurden zwei neue Versionen erstellt und eingesetzt (siehe Anhang Anlage 4). Diese beinhalteten Zeichenübungen zu den jeweiligen Standardschnitten, Bildbeschriftungen, Normwertabfragen sowie die Benennung von

Pathologien. Insgesamt gab es fünf Warm-Up-Quizze (WQ1-WQ5). Pro Quiz konnten maximal 25 Punkte erreicht werden (insgesamt 125 Punkte). Die Tests wurden während der Präsenzkursphase zu Beginn jedes Moduls durchgeführt und die Bearbeitungszeit betrug jeweils 10 Minuten. Die Auswertung erfolgte nach einem einheitlichen Bewertungsschlüssel und Musterlösungen.

3.4.5 Übersicht der Prüfungsformate

Tabelle 7: Übersicht der Prüfungsformate

Prüfungstitel und Zeitpunkt	Testformat	Testinhalt
Quizze		
Q1 Präkursphase (t1)	<u>Fragentyp:</u> - Beschriftungsfragen	<u>Themenkomplex 1: Grundlagen:</u> Bildentstehung und Schnittbildverständnis, Echogenität und Sonomorphologie, Schallköpfe und Ultraschallmodi, Artefakte, Bildoptimierung <u>Themenkomplex 2: Sonoanatomie/</u> Normalbefunde: Retroperitoneum, Leberpforte und Gallenblase, Leber, Niere, Milz, Harnblase und Beckenorgane <u>Themenkomplex 3: Pathologien:</u> Retroperitoneum, Pankreas, Leberpforte und Gallenblase, Leber, Niere, Milz, Harnblase und Beckenorgane
Q2 Beginn Präsenzkursphase (t2)	- Lückentextfragen <u>Testart:</u> Papiertest	
Q3 Ende Präsenzkursphase (t8)	<u>Testdauer:</u> 50 min (10 min Grundlagen, 20 min Normalbefunde, 20 min Pathologien) <u>Korrektur/Bewertung:</u> Mittels Musterlösung, pro Quiz maximal 199 Punkte erreichbar (33 Punkte Grundlagenteil, 118 Punkte Normalbefundteil; 48 Punkte Pathologieteil)	
Evaluationen		
E1 Präkursphase (t1)	<u>Fragentyp:</u> - Siebenstufige Skala (1 = trifft voll und ganz zu; 7 = trifft gar nicht zu) - Sechsstufige Skala („Notensystem“) zur Beurteilung der Lehrmedien (Gesamtnote) - Dichotome Fragen (z.B. „Haben Sie eine Ausbildung im medizinischen Bereich?“)	<u>Fragenkomplex 1:</u> Persönliche Daten <u>Fragenkomplex 2:</u> Persönliche Vorerfahrungen und Fertigkeiten <u>Fragenkomplex 3:</u> Ultraschallvorerfahrungen <u>Fragenkomplex 4:</u> Nutzungsverhalten Lehrmedien <u>Fragenkomplex 5:</u> Motivation zur Kursvorbereitung <u>Fragenkomplex 6:</u> Persönliche Lernziele zur Vorbereitung auf den Kurs

	- Freitextantworten (z.B. Alter, Bezeichnung des Ausbildungsberufes)	<u>Fragenkomplex 7</u> : Persönliche Lernziele für den Kurs
E2 Beginn Präsenzkursphase (t2)	<u>Testart</u> : Papiertest <u>Testdauer</u> : 10 min <u>Korrektur/ Bewertung</u> : Keine, Erhebung von persönlichen Angaben und Evaluationsdaten	<u>Fragenkomplex 1</u> : Persönliche Daten <u>Fragenkomplex 2</u> : Praktische Ultraschallerfahrung <u>Fragenkomplex 3</u> : Nutzungsverhalten Lehrmedium <u>Fragenkomplex 4</u> : Evaluation Lehrmedium → Kontrollgruppe (Lehrmedium Skript): Evaluation Skript: Aufbau, Inhalt, Design → Fallgruppe (Lehrmedium E-Learning): Evaluation E-Learning: Technik, Lehrvideos, Lernkarten, Gesamtbewertung <u>Fragenkomplex 5</u> : Selbsteinschätzung Ultraschallfertigkeiten <u>Fragenkomplex 6</u> : Motivation zur Kursvorbereitung <u>Fragenkomplex 7</u> : Persönliche Lernziele durch die Vorbereitung <u>Fragenkomplex 8</u> : Persönliche Lernziele für den Kurs
E3 Ende Präsenzkursphase (t8)		<u>Fragenkomplex 1</u> : Persönliche Daten <u>Fragenkomplex 2</u> : Lernzeit und Arbeitsaufträge <u>Fragenkomplex 3</u> : Evaluation Lehrmedium → Kontrollgruppe (Lehrmedium Skript): Evaluation Skript: Aufbau, Inhalt, Design → Fallgruppe (Lehrmedium E-Learning): Evaluation E-Learning: Technik, Lehrvideos, Lernkarten, Gesamtbewertung <u>Fragenkomplex 4</u> : Selbsteinschätzung Ultraschallfertigkeiten <u>Fragenkomplex 5</u> : Motivation nach der Kursdurchführung <u>Fragenkomplex 6</u> : Persönliche Lernziele durch den Kurs
Praktische Prüfungen		
P1 Beginn Präsenzkursphase (t2)	<u>Fragentyp</u> : - Klinischer Fall mit Untersuchungsauftrag: Tutoren lesen Aufgaben	<u>Themen der klinischen Fälle</u> : - Rechte Niere - Cava-Kollaps-Test

<p>P2 Ende Präsenzkursphase (t8)</p>	<p>vor und führen Studierende durch praktische Prüfung</p> <p><u>Testart:</u> Praktischer Test, insgesamt pro Teilnehmer drei klinische Fälle</p> <p><u>Testdauer:</u> Pro Teilnehmer 21 min (7 min pro Fall)</p> <p><u>Korrektur/ Bewertung:</u> Durch Tutoren anhand Handlungsleitfaden, Bewertungskategorien: Schallkopf-Handling, Patientenführung, Untersuchung, Bilderläuterung, Gesamtperformance. Pro klinischem Fall maximal 40 Punkte erreichbar (Gesamtpunktzahl maximal 120)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vena portae - Gallenblase - Leberdurchmusterung linker Leberlappen - Milz längs - Retroperitoneum mit Aorta - Leberdurchmusterung rechter Leberlappen - Linke Niere <p>Rotationssystem der Themen für P1 und P2 für jeden Teilnehmenden, sodass jeweils ein gleicher klinischer Fall in P1 und P2 geprüft wird und die anderen beiden klinischen Fälle in P2 neu sind</p>
<p>Warm-Up-Quizze</p>		
<p>WQ1 Präsenzkursphase (t3)</p>	<p><u>Fragentyp:</u> - Zeichenaufgabe (Standardschnitt) mit</p>	<p>Thema Retroperitoneum</p>
<p>WQ2 Präsenzkursphase (t4)</p>	<p>Beschriftung - Ultraschallbildbeschriftung</p>	<p>Thema Leberpforte und Gallenblase</p>
<p>WQ3 Präsenzkursphase (t5)</p>	<p>(Freitextfragen) - Normwertabfrage - Lückentextfragen</p>	<p>Thema Leber</p>
<p>WQ4 Präsenzkursphase (t6)</p>	<p><u>Testart:</u> Papiertest</p>	<p>Thema Niere und Milz</p>
<p>WQ5 Präsenzkursphase (t7)</p>	<p><u>Testdauer:</u> 10 min</p> <p><u>Korrektur/Bewertung:</u> Mittels Musterlösung (Jeweils Standardschnitt, Normwerte, Ultraschallbildbeschriftung, Pathologien), pro Quiz maximal 25 Punkte erreichbar (Gesamtpunktzahl maximal 125)</p>	<p>Thema Harnblase und Beckenorgane</p>

3.5 Dateneingabe und -auswertung

Die Dateneingabe der Evaluationen sowie der theoretischen und praktischen Lernerfolgskontrollen erfolgte manuell in Microsoft Excel. Anschließend wurden die Daten in R Studio (RStudio Team [2020]. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, <http://www.rstudio.com>, (letzter Zugriff 30.11.2023) mit R 4.0.3 A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, <http://www.R-project.org>; (letzter Zugriff 30.11.2023)) ausgewertet.

Binäre und kategoriale Daten wurden als absolute Zahlen und Prozentsätze dargestellt, während kontinuierliche Daten als Median und Interquartilsbereich (IQR) oder als Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) angegeben wurden.

Der Vergleich kategorialer Daten erfolgte mit dem exakten Test von Fisher. Die kontinuierlichen Daten wurden mit dem Mann-Whitney-Test verglichen.

Zusätzlich wurden Mann-Whitney-Tests durchgeführt, um den Einfluss einzelner Faktoren auf die theoretischen und praktischen Ergebnisse zu bewerten. Die Korrelations-Effektgrößen und Signifikanzen wurden mithilfe von paarweisen Korrelationen der metrischen Variablen berechnet. Schließlich wurde der Einfluss einzelner Faktoren mithilfe eines multivariablen linearen Regressionsmodells ermittelt. P-Werte $<0,05$ wurden als statistisch signifikant angesehen.

4 Ergebnisse

Initial wurden 328 Datensätze erhoben. Von diesen wurden 92 aufgrund von unvollständigen Daten, coronabedingtem Kursausfall, höherer Semesterzugehörigkeit oder Nichtnutzung des Lehrmediums herausgefiltert (siehe Abbildung 21). Insgesamt wurden $n=236$ vollständige Datensätze in der statistischen Analyse berücksichtigt mit $n=136$ Datensätzen für die Studiengruppe und $n=100$ Datensätzen für die Kontrollgruppe. Das Verhältnis der Gruppengröße lag bei 1.36:1 (Studiengruppe:Kontrollgruppe).

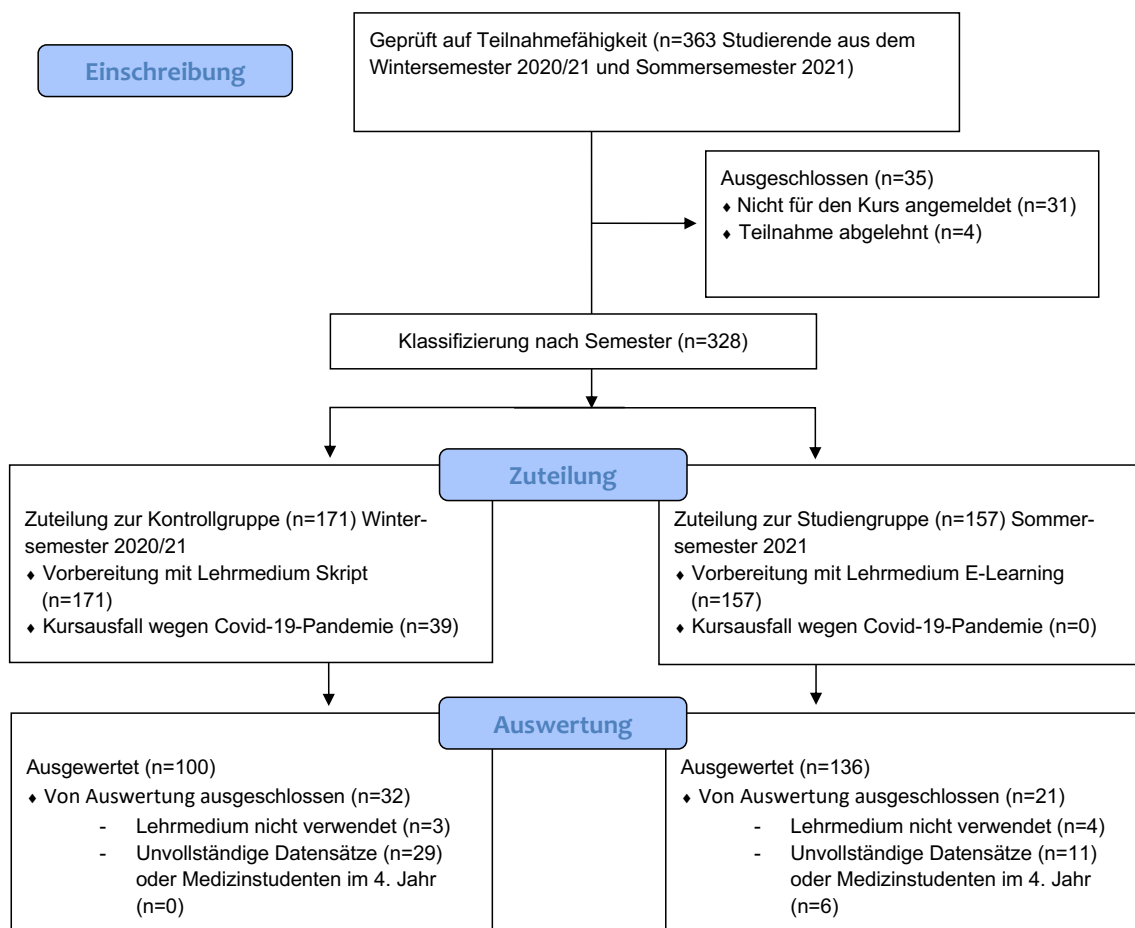


Abbildung 21: Flow Chart Diagramm der Studienpopulation (nach CONSORT)

In Tabelle 8 sind die Grundcharakteristika der Studien- und Kontrollgruppe aufgeführt. Diese unterschieden sich in den Items „Alter“ und „medizinische Vorausbildung“. Das durchschnittliche Alter der Studiengruppe ((SG); Lehrmedium E-Learning) war höher als das der Kontrollgruppe ((KG); Lehrmedium Skript) (SG: MW 25.8 [SD 3.2] vs. KG:

MW 24.6 [SD 3.6]; $p < 0.01$). In der Studiengruppe gaben signifikant mehr studentische Teilnehmer (TN) an, eine Vorausbildung im medizinischen Bereich zu besitzen (SG: $n=101$ [74%] vs. KG: $n=55$ [55%]; $p < 0.01$).

Es wurden keine signifikanten Unterschiede in den anderen Items zwischen den beiden Gruppen festgestellt, insbesondere nicht in der Vorerfahrung bei der Interpretation von Schnittbildern oder den Ultraschallkenntnissen ($p > 0.05$).

Tabelle 8: Baseline Tabelle (E1) mit Charakteristika der Studienpopulation ($n=236$)

Items Evaluation 1 (E1)	Kontrollgruppe analog n=100	Studiengruppe digital n=136	p-Wert
Alter	MW (SD)	MW (SD)	
	24.6 (3.6)	25.8 (3.2)	<0.01
Geschlecht	n (%)	n (%)	1.0
Weiblich	68 (68)	92 (67)	
Männlich	32 (32)	44 (33)	
Ausbildung vor dem Studium Medizinischer Bereich	n (%)	n (%)	<0.01
Ja	55 (55)	101 (74)	
Nein	45 (45)	35 (26)	
Ausbildung vor dem Studium Nicht-medizinischer Bereich	n (%)	n (%)	0.74
Ja	3 (3)	6 (4.4)	
Nein	97 (97)	130 (95.6)	
Vorerfahrungen in Interpretation von Schnittbildern	n (%)	n (%)	0.13
Nein	76 (76)	115 (84.6)	
Ja, erlangt in	24 (24)	21 (15.4)	
Nicht-universitären Kursen	7	7	
Universitären Kursen	9	3	
Eigenstudium	8	11	
Zeitlicher Umfang			
<10 UE	16	10	
10-20 UE	5	5	
>20 UE	3	6	
Vorherige Ultraschallkursteilnahme	n (%)	n (%)	0.41
Nein	96 (96)	134 (98.5)	
Ja	4 (4)	2 (1.5)	
Zeitlicher Umfang			
<10 UE	3	2	
10-20 UE	1	0	
>20 UE	0	0	
Ultraschalluntersuchung mitverfolgt/gesehen	n (%)	n (%)	0.42
Nein	18 (18)	31 (22.8)	

Ja	82 (82)	105 (77.2)	
Umfang:			
<10 Untersuchungen	63	67	
10-20 Untersuchungen	11	20	
>20 Untersuchungen	8	17	
Ultraschalluntersuchung selbständig durchgeführt	n (%)	n (%)	0.07
Nein	75 (75)	115 (84.6)	
Ja	25 (25)	21 (15.4)	
Anzahl			
<5 Untersuchungen	21	18	
5-10 Untersuchungen	3	2	
10-15 Untersuchungen	1	1	
>15 Untersuchungen	0	0	

4.1 Ergebnisse der Evaluationen

4.1.1 Nutzung von Medien und Kursmotivation

Die Abfrageergebnisse zur Nutzung von digitalen Medien und Kursmotivation finden sich in Tabelle 9. Hierbei waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zu verzeichnen.

Die Mehrheit der Studierenden beantwortete gruppenunabhängig, digitale Medien privat und im Studium zu verwenden (SG: n=132 [97.1%] vs. KG: n=100 [100%]; p=0.14 und SG: n=134 [98.5%] vs. KG: n=100 [100%]; p=0.51). Beide Gruppen gaben mehrheitlich an, zum Zeitpunkt t1 bisher keine digitalen (SG: n=126 [92.6%] vs. KG: n=98 [98%]; p=0.08) oder analogen Ultraschalllehrmedien (SG: n=130 [95.6%] vs. KG: n=95 [95%]; p=0.74) genutzt zu haben.

Die Zufriedenheit mit digitalen Lehrangeboten an der Johannes Gutenberg- Universität Mainz vor der Covid-19-Pandemie bewerteten beide Gruppen in einem unteren Skalenbereich (SG: MW 4.51 [SD 1.85] vs. KG: MW 4.86 [SD 1.67]; p=0.15). Während der Covid-19-Pandemie gab die Studiengruppe eine signifikant höhere Zufriedenheit mit den digitalen Lehrangeboten an als die Kontrollgruppe (SG: MW 2.89 [SD 1.10] vs. KG: MW 3.54 [SD 1.31]; p<0.01). Die Kontrollgruppe, die das Lehrmedium Skript verwendete, stimmte stärker für einen Ausbau des digitalen Angebots (KG: MW 1.77 [SD 1.28] vs. SG: MW 2.08 [SD 1.32]; p=0.02).

Tabelle 9: Evaluationsergebnisse E1 zur Nutzung von Lehrmedien, Nutzung von Ultraschalllehrmedien sowie Zufriedenheit mit digitalen Lehrangeboten

Items Evaluation 1 (E1)	Kontrollgruppe analog n=100	Studiengruppe digital n=136	p-Wert
Nutzung digitaler Medien Studium	n (%)	n (%)	0.51
Nein	0 (0)	2 (1.5)	
Ja	100 (100)	134 (98.5)	
Umfang <10h/Woche	18 (18)	25	
Umfang 10-20h/Woche	64 (64)	59	
Umfang >20h/Woche	18 (18)	52	
Nutzung digitaler Medien privat	n (%)	n (%)	0.14
Nein	0 (0)	4 (2.9)	
Ja	100 (100)	132 (97.1)	
Umfang <10h/Woche	19 (19)	26	
Umfang 10-20h/Woche	44 (44)	66	
Umfang >20h/Woche	37 (37)	40	
Nutzung digitaler Ultraschallmedien	n (%)	n (%)	0.08
Nein	98 (98)	126 (92.6)	
Ja	2 (2)	10 (7.4)	
Umfang <10h	2	9	
Umfang 10-20h	0	0	
Umfang >20h	0	1	
Nutzung Ultraschallbücher	n (%)	n (%)	0.74
Nein	95 (95)	130 (95.6)	
Ja	5 (5)	6 (4.4)	
Umfang <10h	4 (4)	6	
Umfang 10-20h	1 (1)	0	
Umfang >20h	0 (0)	0	
Zufriedenheit mit digitalen Lehrangeboten Likert-Skala mit 1 = voll und ganz; 7 = überhaupt nicht	MW (SD)	MW (SD)	
Vor der Covid-19-Pandemie an der JGU	4.86 (1.67)	4.51 (1.85)	0.15
Während der Covid-19-Pandemie an der JGU	3.54 (1.31)	2.89 (1.10)	<0.01
Wunsch nach zukünftigem Ausbau des Angebotes	1.77 (1.28)	2.08 (1.32)	0.02

4.1.2 Nutzung der Ultraschalllehrmedien zur Kursvorbereitung

Die Abfrage der Nutzung der Ultraschalllehrmedien und der Anzahl der bearbeiteten Kapitel ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (siehe Tabelle 10). Allerdings zeigten sich signifikante Unterschiede bei der Vorbereitungszeit, die Studiengruppe gab einen größeren Vorbereitungsumfang als die Kontrollgruppe an (Umfang < 10 Stunden: SG: MW 57 [SD 41.91] vs. KG: MW 63 [SD 63]; $p < 0.01$; Umfang 10-20 Stunden: SG: MW 59 [SD 43.38] vs. KG: MW 34 [SD

34]; $p < 0.01$; Umfang > 20 Stunden: SG: MW 20 [SD 14.70] vs. KG: MW 3 [SD 3]; $p < 0.01$).

Tabelle 10: Evaluationsergebnisse E2 zur Nutzung der Ultraschalllehrmedien zur Kursvorbereitung

Items Evaluation 2 (E2)	Kontrollgruppe analog n=100	Studiengruppe digital n=136	p- Wert
Haben Sie das angebotene Lehrmedium zur Vorbereitung auf den Ultraschallkurs genutzt?	n (%)	n (%)	
Ja	100 (100)	136 (100)	<0.01
Umfang < 10 Stunden	63 (63)	57 (41.91)	
Umfang 10-20 Stunden	34 (34)	59 (43.38)	
Umfang > 20 Stunden	3 (3)	20 (14.70)	
Welche Untersuchungsgänge/ Normalbefunde der Kapitel/ Organsysteme des Lehrmediums haben Sie in der Vorbereitung komplett gelesen/ durchgeklickt?	n (%)	n (%)	
Grundlagen			0.99
Ja	100	131	
Nein	0	5	
	MW (SD)	MW (SD)	
Kapitel Normalbefunde (max. Anzahl 9)	9 (0)	8.79 (1.37)	0.31
Kapitel Pathologien (max. Anzahl 9)	9 (0)	8.62 (1.84)	0.44

4.1.3 Motivation und Lernziele der Studierenden

In Tabelle 11 werden die Abfrage der Motivation und die von den Teilnehmern gewünschten Lernziele präsentiert.

Beide Gruppen äußerten in der Evaluation E1, dass Form, Aussehen und Gestaltung eines Lehrmediums großen Einfluss auf die Motivation für die Teilnahme an universitären Veranstaltungen haben (SG: MW 1.93 [SD 1.04] vs. KG: MW 1.98 [SD 0.97]; $p = 0.53$). Zudem gaben die TN gruppenunabhängig an, die größte Motivation bestehe bei dualem Einsatz der Lehrmedien E-Learning und Lehrbuch (SG: n=105 [77.21%] vs. KG: n=80 [80%]).

Die Lernziele zur Kursvorbereitung „Wunsch nach Zugewinn an Kenntnissen durch die Vorbereitung“ wurden in allen Unterpunkten („Technik des Ultraschalls“, „Ultraschallanatomie“, „standardisierte Durchführung einer Ultraschalluntersuchung“ sowie „Einschätzung pathologischer Ultraschallkenntnisse“) gruppenunabhängig in einem hohen Skalenbereich (MW 1.17-1.35) bewertet.

Die Kontrollgruppe gab beim Themenkomplex Lernziele „Wunsch nach Zugewinn an Kenntnissen durch den Kurs“ bei den Unterpunkten „Verbesserung der praktischen Ultraschallfertigkeiten“ (KG: MW 1.03 [SD 0.17] vs. SG: MW 1.10 [SD 0.31]; $p=0.03$) und „Sicherheit bei der Interpretation von Ultraschallbildern“ (KG: MW 1.02 [SD 0.14] vs. SG: MW 1.12 [SD 0.37]; $p<0.01$) signifikant höhere Werte an als die Studiengruppe.

In der Datenerhebung E2 zu Präsenzkursbeginn stimmte die Kontrollgruppe signifikant stärker für den Einsatz eines digitalen/anderen Mediums (KG: MW 3.91 [SD 2.37] vs. SG: MW 5.07 [SD 2.14]; $p<0.01$) beziehungsweise für den Einsatz einer Kombination mehrerer Medien, um die Kursmotivation zu steigern (KG: MW 3.08 [SD 2.11] vs. SG: MW 4.07 [SD 2.19]; $p<0.01$).

Nach dem Präsenzkurs (E3) war die Motivation, sich weiterhin mit Ultraschall zu beschäftigen, in beiden Gruppen sehr hoch, lag jedoch bei der Studiengruppe in einem signifikant höheren Bereich (SG: MW 1.43 [SD 0.79] vs. KG: MW 1.71 [SD 0.83]; $p<0.01$). In Bezug auf die Nutzung des eingesetzten Lehrmediums zur Nachbereitung wurden signifikante Unterschiede in der Motivation festgestellt (SG: MW 1.96 [SD 1.25] vs. KG: MW 2.61 [SD 1.69]; $p<0.01$). Die Kontrollgruppe gab in einem signifikant höheren Skalenbereich an, durch ein anderes Lehrmedium für die Kursnachbereitung eine höhere Motivation aufzubringen (KG: MW 3.58 [SD 2.49] vs. SG: MW 4.73 [SD 2.38]; $p<0.01$).

Zudem zeigte sich bei Beobachtung der Kursmotivation zu den einzelnen Zeitpunkten gruppenunabhängig eine initial hohe Motivation (E1), anschließend eine signifikante Abnahme der Motivation (E2) und nach Präsenzkursphase (E3) eine erneute signifikante Zunahme der Motivation vergleichbar zum Ausgangsniveau (siehe Tabelle 12).

Tabelle 11: Evaluationsergebnisse E1-E3 zu Motivation und Lernzielen der Studierenden

Items	Kontrollgruppe analog n=100	Studiengruppe digital n=136	p-Wert
E1			
Motivation für den Besuch einer universitären Veranstaltung	n (%)	n (%)	0.43
Ein gutes Lehrbuch	7 (7)	8 (5.88)	
Ein gutes E-Learning-Angebot	13 (13)	19 (13.97)	
Beides	80 (80)	105 (77.21)	
Keines	0 (0)	4 (2.94)	

Ergebnisse

Einfluss von Form, Aussehen und Gestaltung eines Lehrmediums auf Motivation für die Teilnahme an einer universitären Veranstaltung Likert-Skala mit 1 = voll und ganz; 7 = überhaupt nicht	MW (SD)	MW (SD)	
	1.98 (0.97)	1.93 (1.04)	0.53
Motivation für Ultraschallkursteilnahme vor Kurs	1.6 (0.68)	1.55 (0.72)	0.42
Wunsch nach Zugewinn an Kenntnissen durch die Vorbereitung			
... Technik des Ultraschalls	1.29 (0.69)	1.26 (0.66)	0.76
... Ultraschallanatomie	1.17 (0.47)	1.21 (0.46)	0.38
... standardisierten Durchführung einer Ultraschalluntersuchung	1.28 (0.64)	1.23 (0.57)	0.53
... Einschätzung pathologischer Ultraschallkenntnisse	1.31 (0.71)	1.35 (0.69)	0.42
Wunsch nach Zugewinn an Kenntnissen durch den Kurs			
... an theoretischen Kenntnissen zum Ultraschall	1.43 (0.96)	1.29 (0.69)	0.53
... an praktischen Ultraschallfertigkeiten	1.03 (0.17)	1.10 (0.31)	0.03
... an Sicherheit in der Interpretation von Ultraschallbildern	1.02 (0.14)	1.12 (0.37)	<0.01
E2			
Motivation zur Kursteilnahme nach der Vorbereitungszeit	2.25 (1.12)	2.25 (1.10)	0.80
Motivation für die Kursteilnahme durch Lehrmedium	2.57 (1.32)	2.68 (1.43)	0.89
Höhere Motivation für die Kursteilnahme durch die Nutzung eines anderen Lehrmediums	3.91 (2.37)	5.07 (2.14)	<0.01
Höhere Motivation für die Kursteilnahme durch eine Kombination mehrerer Lehrmedien	3.08 (2.11)	4.07 (2.19)	<0.01
E3			
Motivation für weitere Beschäftigung mit Ultraschall nach Kursteilnahme	1.71 (0.83)	1.43 (0.79)	<0.01
Nutzung des Lehrmediums zur Nachbereitung des Kurses	2.61 (1.69)	1.96 (1.25)	<0.01
Höhere Motivation zur Nachbereitung des Kurses durch die Nutzung eines anderen Lehrmediums	3.58 (2.49)	4.73 (2.38)	<0.01
Höhere Motivation zur Kursnachbereitung durch Kombination mit weiteren Lehrmedien	3.01 (2.19)	3.53 (2.22)	0.06

Tabelle 12: Evaluationsergebnisse E1- E3 der Motivation zur Ultraschallkursteilnahme bzw. Nachbereitung zu den verschiedenen Zeitpunkten

Item	Erhebungszeitpunkte	Kontrollgruppe analog	Studiengruppe digital
Motivation zur Ultraschallkursteilnahme/ Nachbereitung		MW (SD)	MW (SD)
	E1	1.6 (0.68)	1.55 (0.718)
	E2	2.25 (1.12)	2.25 (1.2)
	E3	1.71 (0.832)	1.43 (0.786)
	Delta (E1-> E2)	<0.01	<0.01
	Delta (E2-> E3)	<0.01	<0.01
	Delta (E1-> E3)	0.51	0.08

4.1.4 Kursevaluation

4.1.4.1 Evaluation Ultraschallkurs

Im folgenden Abschnitt wird die Evaluation des Ultraschallkurses am Ende des Präsenzkurses (E3) dargelegt. Hierbei zeigten sich in den bewerteten Items signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen.

Die Studiengruppe mit dem Lehrmedium E-Learning beurteilte das Item „bestmögliche Nutzung der praktischen Einheiten durch die Vorbereitungszeit“ signifikant höher als die Kontrollgruppe (KG: MW 3.27[SD 1.66] vs. SG: MW 2.44 [SD 1.22]; $p < 0.01$). Auch die inhaltliche Bewertung der Arbeitsaufträge fiel bei der Studiengruppe signifikant höher aus (KG: MW 2.91 [SD 1.59] vs. SG: MW 2.40 [SD 1.20]; $p = 0.03$).

Die Kontrollgruppe gab signifikant stärker den Wunsch nach begleitenden Vorträgen zu jedem abgefragten Themenkomplex an als die Studiengruppe (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Evaluationsergebnisse E3 zu Ultraschallkurskonzept, Vorbereitungszeit und Theorievorträgen

Items Evaluation 3 (E3)	Kontrollgruppe analog n=100	Studiengruppe digital n=136	p-Wert
Angemessenheit der zusätzlichen Vorbereitungszeit im Rahmen des Kurses Likert-Skala mit 1 = voll und ganz; 7 = überhaupt nicht	MW (SD) 3.88 (1.9)	MW (SD) 2.61 (1.36)	<0.01
Umfängliche Nutzung der Vorbereitungszeit	3.54 (1.74)	3.16 (1.45)	0.09
Bestmögliche Nutzung der praktischen Einheit durch die Vorbereitungszeit	3.27 (1.66)	2.44 (1.22)	<0.01
Inhaltliche Angemessenheit der Arbeitsaufträge	2.91 (1.59)	2.40 (1.20)	0.03
Verständlichkeit der Arbeitsaufträge	1.71 (0.90)	1.67 (0.90)	0.70
Wunsch nach begleitenden Vorträgen...	n	n	
... zur Technik des Ultraschalls			<0.01
Ja	36	15	
Nein	64	121	

Ergebnisse

... zur praktischen Durchführung einer Ultraschalluntersuchung			<0.01
Ja	60	50	
Nein	40	86	
... zu physiologischen/ Normalbefunden			<0.01
Ja	60	39	
Nein	40	97	
... zu pathologischen Ultraschallbefunden			<0.01
Ja	66	27	
Nein	34	109	

4.1.4.2 Evaluation Kurszufriedenheit und Tutorenbewertung

Die Studiengruppe beurteilte die Kurszufriedenheit in allen abgefragten Items signifikant höher (siehe Tabelle 14).

Die Bewertung der Tutoren unterschied sich nicht signifikant zwischen Studiengruppe und Kontrollgruppe. Sowohl die Praxisfertigkeiten als auch die didaktischen Fertigkeiten der Tutoren wurden als sehr gut evaluiert (SG: MW 1.12 [SD 0.32] vs. KG: MW 1.06 [SD 0.24]; $p=0.15$) und (SG: MW 1.12 [SD 0.33] vs. KG: MW 1.17 [SD 0.46]; $p=0.68$).

Tabelle 14: Evaluationsergebnisse E3 zu Kurszufriedenheit und Tutorenbewertung

Items Evaluation 3 (E3)	Kontrollgruppe analog n=115	Studiengruppe digital n=158	p-Wert
Erfüllung der Erwartungen an den Kurs	MW (SD)	MW (SD)	
Likert-Skala mit 1 = voll und ganz; 7 = überhaupt nicht	2.53 (1.19)	1.89 (0.77)	<0.01
Klarheit des Konzepts und der Gliederung	2.82 (1.55)	1.98 (0.93)	<0.01
Verständlichkeit und Darstellung der Lernziele	2.17 (1.19)	1.73 (0.82)	<0.01
Erreichung der Lernziele	2.56 (1.23)	2.06 (0.97)	<0.01
Veranschaulichung der Lerninhalte durch Beispiele	2.25 (1.29)	1.68 (0.87)	<0.01
Zufriedenheit mit den Lernmaterialien	2.66 (1.41)	2.03 (1.01)	<0.01
Zufriedenheit mit der Kursorganisation	3.28 (1.67)	2.15 (1.20)	<0.01
Zufriedenheit mit dem Zeitansatz für die Kursdurchführung	3.95 (1.89)	3.16 (1.50)	<0.01
Gesamtscore Tutorenbewertung	MW (SD)	MW (SD)	
Praxisfertigkeiten Tutoren (aus 7 Items)	1.06 (0.24)	1.12 (0.32)	0.15
Didaktische Fertigkeiten Tutoren (aus 7 Items)	1.17 (0.46)	1.12 (0.33)	0.68

4.1.5 Subjektive Kompetenzeinschätzung

Die subjektive Kompetenzeinschätzung der TN zeigte in allen Items keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, mit Ausnahme der Selbsteinschätzung im Punkt „Patientenführung während der Untersuchung“ in Evaluation 3. Hier schätzte sich die Studiengruppe signifikant besser ein als die Kontrollgruppe (SG: MW 1.97 [SD 1.83] vs. KG: MW 2.57 [SD 1.69]; $p < 0.01$).

Gruppenunabhängig konnte beobachtet werden, dass sich die subjektive Einschätzung der TN in allen abgefragten Items im Zuge der Vorbereitungszeit sowie Präsenzkurszeit kontinuierlich steigerte (siehe Anhang Anlage 5).

4.1.6 Evaluation eingesetzter Lehrmedien

Die Ergebnisse der Evaluation der Lehrmedien Skript und E-Learning sind in Tabelle 15 aufgeführt.

Die Bewertung lag für beide Lehrmedien in allen Items in einem hohen Skalenpunktbereich (MW 1.4-2.3). Die Gesamtnote wurde zu den Erhebungszeitpunkten E2 und E3 jeweils in den Notenbereichen eins und zwei („sehr gut“ bis „gut“) evaluiert (KG: E2: MW 1.89 [SD 0.65] und E3: MW 1.91 [SD 0.71]; $p = 0.812$ vs. SG E2: MW 1.87 [SD 0.82] und E3: MW 1.70 [SD 0.70]; $p = 0.060$).

Bei den folgenden Items zeigten sich signifikante Veränderungen in der Beurteilung der einzelnen Lehrmedien: Die Studiengruppe bewertete das E-Learning im Item „Design“ an Präsenzkursende (E3) signifikant besser (E2: MW 1.93 [SD 1.09] vs. E3: MW 1.67 [SD 1.04]; $p = 0.016$). Zudem ergab sich an Präsenzkursende ein signifikant höherer Gesamtscore für das E-Learning als zu Präsenzkursbeginn (E2: MW 1.80 [SD 0.67] vs. E3: MW 1.65 [SD 0.58]; $p = 0.022$). Die Kontrollgruppe ordnete die Verständlichkeit der Kursinhalte im Ultraschallskript an Präsenzkursende (E3) signifikant höher als in Evaluation E2 ein (E2: MW 2.23 [SD 1.17] vs. E3: MW 1.83 [SD 0.85]; $p = 0.012$).

Bei Vergleich der Gesamtscores von Skript und E-Learning wurde das E-Learning zu Beginn der Präsenzkursphase (E2) signifikant höher bewertet (SG: MW 1.80 [SD 0.67] vs. KG: MW 2.00 [SD 0.79]; $p = 0.047$). Bei Präsenzkursende (E3) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede im Gesamtscore der Lehrmedien (SG: MW 1.65 [SD 0.58] vs. KG: MW 1.91 [SD 0.91]; $p = 0.121$).

Ergebnisse

Tabelle 15: Evaluationsergebnisse E2 und E3 der Lehrmaterialien

Items	E2	E3	p-Wert
Kontrollgruppe analog			
Aufbau+ Struktur	MW (SD)	MW (SD)	
Likert-Skala mit 1 = voll und ganz; 7 = überhaupt nicht	2.34 (1.19)	2.13 (1.21)	0.066
Umfang	2.13 (1.22)	2.11 (1.25)	0.269
Verständlichkeit Inhalte	2.23 (1.17)	1.83 (0.85)	0.012
Schriftgröße	1.54 (0.93)	1.53 (0.96)	0.714
Bildgröße	1.87 (1.13)	1.85 (1.09)	0.944
Bildanzahl	1.93 (1.21)	1.94 (1.28)	0.784
Text- Bildverhältnis	2.04 (1.19)	2.02 (1.20)	0.810
Design/ Farbgestaltung	1.98 (1.26)	1.87 (1.36)	0.170
Gesamtscore	2.00 (0.79)	1.91 (0.91)	0.099
Gesamtnote	1.89 (0.65)	1.91 (0.71)	0.812
Studiengruppe digital			
Technik	1.54 (0.69)	1.45 (0.56)	0.298
Menüaufbau	1.92 (1.10)	1.81 (1.03)	0.309
Lehrvideos	1.67 (0.70)	1.57 (0.60)	0.262
Lernkarten	1.80 (0.75)	1.62 (0.61)	0.060
Design	1.93 (1.09)	1.67 (1.04)	0.016
Intuitivität	1.67 (0.93)	1.55 (0.92)	0.134
Interaktivität	2.04 (1.21)	1.85 (1.04)	0.236
Gesamtscore	1.80 (0.67)	1.65 (0.58)	0.022
Gesamtnote	1.87 (0.82)	1.70 (0.70)	0.060

4.1.7 Tutorenevaluation

Die Tabelle 16 präsentiert die Kursevaluation der Tutoren. Hier zeigten sich in allen abgefragten Items keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung des Kurses für Studien- und Kontrollgruppe. Insbesondere die Lehrmaterialien (Kontrollgruppe: Skript und Studiengruppe: E-Learning) wurden ähnlich bewertet (KG: MW 2.44 [SD 1.41] vs. SG: MW 2.45 [SD 1.35]; $p=0.932$).

Tabelle 16: Kursevaluation durch Tutoren

Items	Kontrollgruppe analog n=16	Studiengruppe digital n=29	p-Wert
Klarheit Konzept Likert-Skala mit 1 = voll und ganz; 7 = überhaupt nicht	MW (SD) 2.25 (0.775)	MW (SD) 1.9 (0.900)	0.1064
Verständlichkeit Lernziele	1.93 (0.961)	1.79 (1.08)	0.4784
Erreichen Lernziele	2.12 (0.885)	1.93 (0.884)	0.5363
Lehrmaterialien	2.44 (1.41)	2.45 (1.35)	0.932
Kursorganisation	2.00 (0.966)	1.79 (1.01)	0.4745
Zeiteinsatz	2.44 (1.21)	2.55 (1.27)	1.00
Stundenvorbereitung	1.81 (0.655)	1.86 (0.953)	0.9898
Stundendurchführung	1.81 (0.655)	1.83 (0.889)	0.9694
Interne Kommunikation	2.12 (0.957)	2.07 (1.13)	0.6987
Kommunikation mit TN	1.38 (0.957)	1.45 (0.632)	0.3933
Praktische Prüfungsdurchführung	2.38 (1.26)	1.86 (1.33)	0.161
Gesamtscore	2.05 (0.584)	1.95 (0.557)	0.6108

4.2 Ergebnisse der theoretischen und praktischen Prüfungen

4.2.1 Theoretische Prüfungen Q1-Q3

Die Ergebnisse der theoretischen Prüfungen finden sich in Tabelle 17. In den Tests Q1 und Q3 gab es keine signifikanten Unterschiede in den erzielten Gesamtergebnissen zwischen der Studien- und Kontrollgruppe (Q1: SG: MW 17.5 [SD 14.8] vs. KG: MW 17.3 [SD 14.8]; $p=0,88$; Q3: SG: MW 133.0 [SD 24.4] vs. KG: MW 128.0 [SD 24.6]; $p=0,10$). Jedoch erreichte die Studiengruppe nach Vorbereitung mit dem Lehrmedium E-Learning in Test Q2 eine signifikant bessere Gesamtpunktzahl als die Kontrollgruppe (SG: MW 91.0 [SD 30.3] vs. KG: MW 79.0 [SD 37.0]; $p=0,013$).

Im Verlauf der verschiedenen Testzeitpunkte konnte in beiden Gruppen eine signifikante Zunahme ($p<0.001$) der Gesamtpunkte verzeichnet werden.

Die Auswertung der einzelnen Themenbereiche zeigte, dass die Studiengruppe im Test Q2 bei den Items „Normalbefunden“ (SG: MW 83.4 [SD 26.2] vs. KG: MW 72.1 [SD 32.2]; $p<0.01$) und „Leitstrukturen“ (SG: MW 36.3 [SD 12.3] vs. KG: MW 30.6 [SD 15.6]; $p<0.01$) signifikant höhere Ergebnisse erzielte. Ferner schnitt die Studiengruppe im Q3-Test im Item „Grundlagen“ ebenfalls signifikant höher ab (SG: MW 27.4 [SD 3.77] vs. KG: MW 24.5 [SD 4.29]; $p<0.01$).

Ergebnisse

Darüber hinaus konnte beobachtet werden, dass zu allen Datenpunkten (Q1-Q3) gruppenunabhängig im Item „Pathologien“ die niedrigsten Punktwerte erzielt wurden.

Tabelle 17: Ergebnisse der theoretischen Tests Q1-Q3 nach Itembereichen
KG = Kontrollgruppe und SG = Studiengruppe

Items (max. Punkte)	Q1			Q2			Q3		
	KG analog	SG digital	p- Wert	KG analog	SG digital	p- Wert	KG analog	SG digital	p- Wert
Grundlagen (33)	MW (SD)	MW (SD)		MW (SD)	MW (SD)		MW (SD)	MW (SD)	
	7.0 (5.23)	6.1 (4.6)	0.2	19.2 (5.83)	20.9 (5.11)	0.08	24.5 (4.29)	27.4 (3.77)	<0.01
Normalbefunde (151)	16.7 (14.1)	16.6 (13.7)	0.96	72.1 (32.2)	83.4 (26.2)	<0.01	111.0 (17.2)	115.0 (18.9)	0.02
Leitstrukturen (65)	6.18 (7.36)	7.73 (6.86)	0.13	30.6 (15.6)	36.3 (12.3)	<0.01	51.2 (7.97)	52.4 (8.51)	0.13
Pathologie- befunde (48)	0.56 (1.11)	0.90 (1.84)	0.37	6.89 (6.37)	7.65 (6.24)	0.24	17.4 (9.07)	17.9 (7.58)	0.85

Die Studiengruppe erzielte von Q1 zu Q2 eine signifikant stärkere Steigerung der Gesamtpunktzahl als die Kontrollgruppe (siehe Tabelle 18) (SG: MW 73.5 [SD 27.4] vs. KG: MW 61.7 [SD 31.0]; $p=0.005$). Jedoch konnte die Kontrollgruppe von Q2 zu Q3 einen signifikant höheren Zuwachs erreichen (SG: MW 42.0 [SD 17.5] vs. KG: MW 49.0 [SD 21.0]; $p=0.019$). Diese Tendenz zeigte sich in den Bereichen „Grundlagen“, „Normalbefunden“ und „Leitstrukturen“. Im Kompetenzbereich „Pathologien“ konnten keine signifikanten Unterschiede des Kompetenzzuwachses zwischen den Gruppen festgestellt werden.

Tabelle 18: Kompetenzzuwachs innerhalb der theoretischen Tests zu den Zeitpunkten T1 zu T2 sowie von T2 zu T3
KG = Kontrollgruppe und SG = Studiengruppe

Items	Delta Q1->Q2			Delta Q2->Q3		
	KG analog	SG digital	p-Wert	KG analog	SG digital	p-Wert
Gesamtpunkt- zahl	MW (SD)	MW (SD)		MW (SD)	MW (SD)	
	61.7 (31.0)	73.5 (27.4)	0.005	49.0 (21.0)	42.00 (17.5)	0.019
Grundlagen	12.2 (5.8)	14.8 (6.0)	0.002	5.3 (5.3)	6.5 (4.0)	0.025
Normalbefunde	55.3 (26.8)	66.8 (24.4)	0.002	38.6 (21.0)	31.8 (16.2)	0.017
Leitstrukturen	23.8 (13.2)	28.6 (11.7)	0.006	20.5 (11.2)	16.1 (8.7)	0.003
Pathologie- befunde	6.3 (6.1)	6.8 (5.8)	0.365	10.5 (5.9)	10.2 (5.3)	0.518

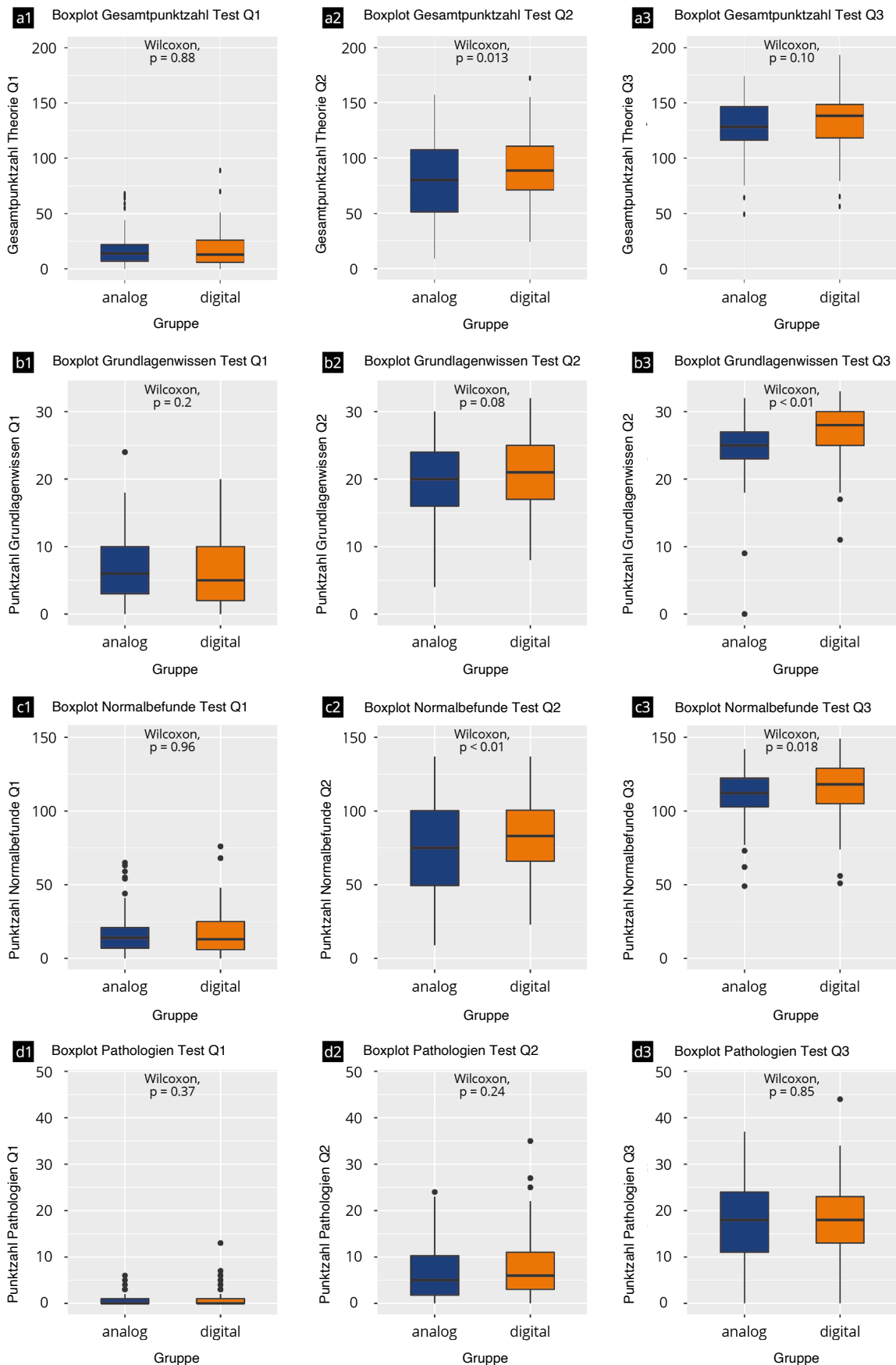


Abbildung 22: Boxplot-Darstellung der Prüfungsergebnisse der theoretischen Tests
 Die Abbildung präsentiert die Ergebnisse der zu drei verschiedenen Zeitpunkten durchgeführten theoretischen Tests. Betrachtet werden die Gesamtpunktzahl (a1-a3), das Grundlagenwissen (b1-b3), die Normalbefunde (c1-c3) und die Pathologien (d1-d3) der Studiengruppe (orange) und Kontrollgruppe (blau).

4.2.2 Warm-Up-Quizze WQ1-WQ5

Die Auswertung der Warm-Up-Quizze zeigte, dass die Kontrollgruppe eine signifikant höhere Gesamtpunktzahl erzielte als die Studiengruppe (SG: MW 61.3 [SD 14.1] vs. KG: MW 69.8 [SD 17.5]; $p < 0.01$).

4.2.3 Praktische Prüfungen P1 und P2

Die Daten der Praxisprüfungen werden in Abbildung 23 präsentiert. Es zeigte sich, dass die Studiengruppe in der praktischen Prüfung P1 signifikant höhere Ergebnisse erzielte als die Kontrollgruppe (SG: MW 52.6 [SD 13.8] vs. KG: MW 40.7 [SD 16.6]; $p < 0.01$). Zum Prüfungszeitpunkt P2 erreichte die Studiengruppe ebenfalls signifikant höhere Prüfungsergebnisse (SG: MW 92.0 [SD 11.9] vs. KG: MW 88.1 [SD 12.2]; $p = 0.03$).

Innerhalb der beiden Gruppen konnte zudem eine signifikante Steigerung der Prüfungsergebnisse von P1 zu P2 ($p < 0.01$) beobachtet werden.

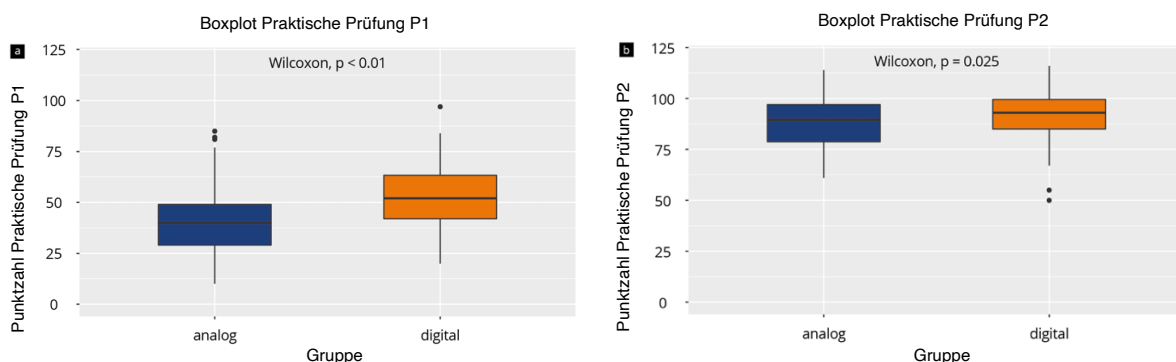


Abbildung 23: Boxplot-Darstellung der Gesamtpunktzahl der praktischen Prüfungen P1 zu Kursbeginn und der praktischen Prüfung P2 bei Kursende
Die Abbildung präsentiert die Ergebnisse der zu zwei verschiedenen Zeitpunkten durchgeführten praktischen Tests. Betrachtet wird die Gesamtpunktzahl der praktischen Prüfung P1 zu Kursbeginn (a) und der praktischen Prüfung P2 an Kursende (b) der Studiengruppe (orange) und Kontrollgruppe (blau).

4.2.4 Korrelationsbetrachtung der subjektiven und objektiven Kompetenzeinschätzung

Die Korrelationsanalyse der subjektiven und objektiven Kompetenzen sowie der theoretischen und praktischen Kompetenzen ergab signifikant schwach bis moderate Korrelationen (R 0.17-0.35; jeweils $p < 0.05$).

Mittels einer multivariablen linearen Regressionsanalyse wurden die Items „Geschlecht“, „Ausbildung vor dem Studium im medizinischen Bereich“, „Vorerfahrung in der Interpretation von Schnittbildern“, „Ultraschalluntersuchung mitverfolgt/gesehen“ und „Ultraschalluntersuchung selbstständig durchgeführt“ als Einflussfaktoren für die Ergebnisse der Theorietests T1 und T2 sowie die Ergebnisse der Praktischen Prüfung P2 ausgemacht. Jedoch hatte lediglich das Item „Ultraschalluntersuchung mitverfolgt/gesehen“ einen signifikanten Einfluss im Theorietest T1 (standardisierter Regressionskoeffizient $\beta=7.44$; $p=0.002$).

4.2.5 Auswirkungen der Vorbereitungszeit

Abschließend wurde der Zusammenhang zwischen der Vorbereitungszeit und dem theoretischen sowie praktischen Kompetenzzuwachs zu Präsenzkursbeginn berechnet (siehe Abbildung 24 und Anhang Anlage 7).

Hier zeigte sich, dass sowohl bei einer Vorbereitungszeit < 10 Stunden, als auch bei einer Vorbereitungszeit von 10 bis 20 Stunden und > 20 Stunden die Praxisfertigkeiten (P1) der Studiengruppe signifikant höher waren als die der Kontrollgruppe (SG: MW 47.2 [SD 10.9] vs. KG: MW 39.4 [SD 17.4]; $p<0.01$) und (SG: MW 55.8 [SD 14.7] vs. KG: MW 43.6 [SD 15.3]; $p<0.01$) sowie (SG: MW 58.4 [SD 13.6] vs. KG: MW 36.0 [SD 11.5]; $p<0.02$).

Beim theoretischen Kompetenzzuwachs (T2) erzielte die Studiengruppe bei einer Vorbereitungszeit < 10 Stunden signifikant höherer Werte (SG: MW 60.8 [SD 24.9] vs. KG: MW 49.0 [SD 27.9]; $p=0.02$). Bei einem zeitlichen Vorbereitungsumfang von 10 bis 20 Stunden und > 20 Stunden waren keine signifikanten Unterschiede in den theoretischen Prüfungsergebnissen zwischen Studien- und Kontrollgruppe festzustellen.

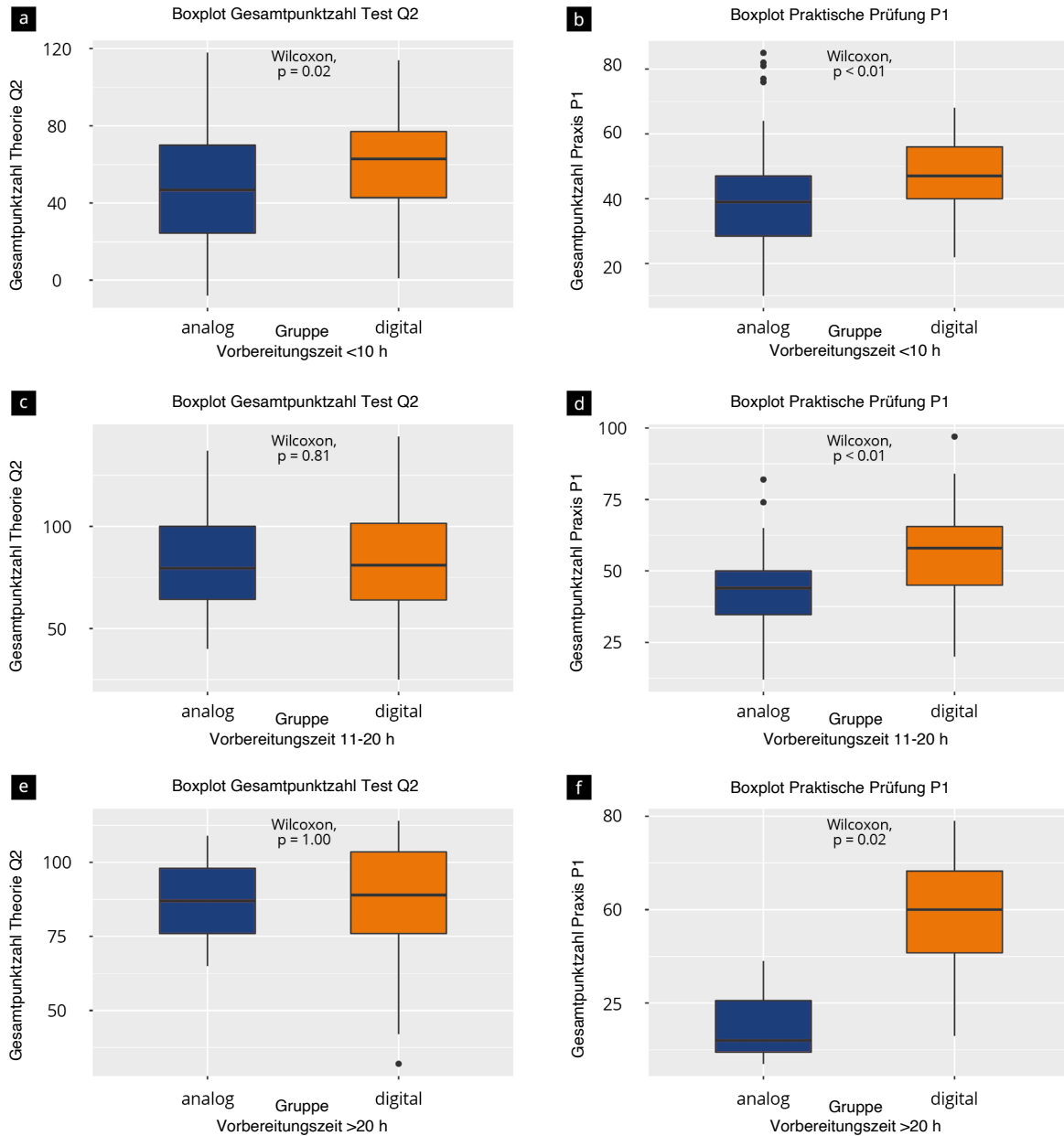


Abbildung 24: Boxplot-Darstellung der Auswirkungen der Vorbereitungszeit auf die theoretischen und praktischen Prüfungsergebnisse

Die Abbildung präsentiert die theoretischen und praktischen Prüfungsergebnisse in Zusammenhang mit der Vorbereitungszeit. Betrachtet wird eine Vorbereitungszeit < 10 Stunden (a-b), eine Vorbereitungszeit von > 10-20 Stunden (c-d) und eine Vorbereitungszeit > 20 Stunden (e-f) der Studiengruppe (orange) und Kontrollgruppe (blau).

5 Diskussion

Ziel dieser Dissertationsarbeit war es, den subjektiven und objektiven theoretischen und praktischen Kompetenzzuwachs durch den Einsatz verschiedener Lehrmedien im Kontext eines Flipped-Classroom-Konzepts sowie die Akzeptanz des Ausbildungsmodells zu untersuchen. Hierdurch sollten für das Ultraschalllehrkonzept an der Johannes Gutenberg-Universität bzw. für die generelle Ultraschallausbildung weitere Erkenntnisse für eine zukünftige Verbesserung der Ultraschalllehre gewonnen werden. Besonderer Schwerpunkt lag auf dem Vergleich der beiden eingesetzten Lehrmedien Skript und E-Learning und deren Einfluss auf die Motivation der Studierenden, dem subjektiven und objektiven Kompetenzzuwachs, der Bewertung des Kurses durch Teilnehmer und Tutoren sowie des Nutzungsverhaltens und der digitalen Affinität.

Im Folgenden werden die in der Einleitung und Literaturdiskussion beschriebenen Aspekte in Zusammenschau mit den Ergebnissen der DiVAN-Studie diskutiert.

5.1 Betrachtung der Kohorten

5.1.1 Diskussion der Grundeigenschaften der Studien- und Kontrollgruppe

5.1.1.1 *Alter*

Das Durchschnittsalter der Studiengruppe war signifikant älter als das der Kontrollgruppe. Zudem hatten in der Studiengruppe signifikant mehr Studierende eine Ausbildung im medizinischen Bereich. Dies könnte durch den halbjährlichen Beginn des Humanmedizinstudiums an der Universität Mainz begründet sein. Im Sommersemester erhalten mehr Studierende mit Vorausbildung und somit oftmals höherem Alter einen Studienplatz, während im Wintersemester die Studierenden seltener eine medizinische Vorausbildung haben und jünger sind.

5.1.1.2 *Ultraschallvorerfahrungen*

Trotz des höheren Durchschnittsalters und mehr Vorausbildungen im medizinischen Bereich zeigte die Studiengruppe ein zur Kontrollgruppe vergleichbares Ausgangslevel bezüglich Ultraschallgrundwissen und -vorerfahrungen in den

durchgeführten Evaluationen (E1) sowie Testergebnissen (Q1). Es kann vermutet werden, dass das Durchschnittsalter und die Vorausbildung keinen Einfluss auf die Ergebnisse hatten, was die durchgeführte Regressionsanalyse bestätigte.

Wie auch andere Studien betrachtet diese Arbeit somit eine Kohorte von „unerfahrenen Teilnehmenden“ (31, 50, 52, 190).

5.2 Diskussion der subjektiven Daten

Die Diskussion der subjektiven Daten greift verschiedene Hauptpunkte auf. Hierzu zählen die Tutorenbewertung, die Evaluation des Kurses durch die Tutoren, die allgemeine Mediennutzung und digitale Affinität, die Ultraschallmediennutzung, die Motivation sowie die allgemeine Kursbewertung.

5.2.1 Tutorenbewertung

Die Praxisfertigkeiten und die didaktischen Fertigkeiten der Tutoren wurden von beiden Gruppen in einem sehr guten Bereich bewertet. Durch eine strukturierte Tutorenausbildung konnte ein einheitliches Kompetenzlevel der Peer-Tutoren geschaffen werden, welches subjektiv durch die Teilnehmenden bestätigt wurde. Der Peer-Teaching-Ansatz scheint sich somit in diesem Kurskonzept bewährt zu haben, was Ergebnisse diverser Vorstudien bekräftigen (62, 66, 68, 71).

5.2.2 Evaluation des Kurses durch die Peer-Tutoren

Beide Kurskonzepte (Skript-Einsatz vs. E-Learning-Einsatz) wurden durch die Peer-Tutoren ohne signifikante Unterschiede sehr positiv evaluiert. Die eingesetzten unterschiedlichen Lehrmedien schienen keinen Einfluss auf die Bewertung des Kurskonzeptes zu haben. Diese Ergebnisse sprechen für eine vergleichbare und somit konstante Qualität der Kursformate von Kontroll- und Studiengruppe aus Sicht der Tutoren.

5.2.3 Nutzungsverhalten der Medien und digitale Affinität der Studierenden

Die Evaluationsergebnisse zeigten keine unterschiedliche Affinität bei der Nutzung von digitalen Medien zwischen den Gruppen. Beide Gruppen verwendeten digitale Medien sowohl privat als auch im Studium. In anderen Umfragen ließ sich ebenfalls ein Interesse von Medizinstudierenden an Online-Lehrmedien beobachten (21, 26).

Da der genutzte Fragebogen nicht den Einsatz von analogen Medien im Humanmedizinstudium abfragte, können hierzu keine Aussagen getroffen werden.

Wie in Abschnitt 5.1.1.1 beschrieben, lag ein signifikanter Altersunterschied zwischen Kontroll- und Studiengruppe vor. In der Literatur wird ein Zusammenhang zwischen Altersstruktur und digitaler Affinität diskutiert, die im Rahmen der DivAN-Studie nicht beobachtet werden konnten (113, 157). Die Altersstruktur der Studierenden der DivAN-Studie lag an der Grenze der Generationen Y und Z. Die Generation Y ist nicht von Geburt an mit digitalen Medien aufgewachsen, aber im jungen Alter damit in Berührung gekommen (157). Demgegenüber steht die Generation Z, die als „Digital Natives“ aufgewachsen sind (5, 157). Persike und Friedrich sind der Überzeugung, das Alter der Studierenden habe keinen Einfluss auf die Nutzung von digitalen Lehrmedien (91). Die Einordnung als „Digital Native“ und die daraus geschlussfolgerte Affinität und Nutzung von Technik in der Hochschulausbildung könne nicht vorgenommen werden (91). Im privaten Umfeld würde eine Vielzahl digitaler Medien eingesetzt werden, was allerdings nicht auf das Nutzungsverhalten im Hochschulbereich übertragen werden dürfe (91). Die von den Autoren veröffentlichten Daten demonstrieren eine oftmals dozenten- und hochschulabhängige Nutzung digitaler Medien (91). Daher seien Dozierende und Hochschulen die Hauptakteure des Digitalisierungsfortschritts. Demnach sollten durch diese digitale Lehrmedien in die pflichtcurriculare Lehre eingebunden werden (91).

Es finden sich somit unterschiedliche Ansichten, ob Alter und digitale Affinität korrelieren. Die Studierenden der DivAN-Studie präsentierten eine Generation der Übergangsphase und positionierten sich in den Evaluationen eindeutig mit dem Wunsch nach einem Ausbau der digitalen Lehrmedien. Wobei die Kontrollgruppe verglichen mit der Studiengruppe signifikant stärker den Wunsch nach einem Ausbau digitaler Lehrmedien äußerte. Diese Umfrageergebnisse könnten aus der Tatsache resultieren, dass die Studiengruppe bereits mit einem digitalen Lehrmedium arbeitete. In zuvor durchgeführten Evaluationen sprachen sich die Medizinstudierenden der Universitätsmedizin Mainz ebenfalls für die verstärkte Etablierung digitaler Ultraschalllehrmedien aus (21). Insgesamt lässt sich national sowie international der Wunsch der Studierenden nach einem Ausbau digitaler Lehrmedien beobachten (6, 26). Jedoch scheint die Nutzung digitaler Medien ebenso vom Angebot und somit den Lehrkonzepten der einzelnen Hochschulen abhängig zu sein (91).

5.2.4 Nutzung der Ultraschallehrmedien zur Kursvor- und nachbereitung

Im Nutzungsverhalten mit den Lehrmedien Skript bzw. E-Learning zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Die Studiengruppe bereitete sich mit dem E-Learning signifikant länger vor als die Kontrollgruppe mit dem Lehrmedium Skript. Auch Schneider und Albers et al. stellten fest, dass Studierende sich im Fach Urologie länger mit einem digitalen virtuellen Patienten (CASUS) vorbereiteten als die Vergleichsgruppe mit einem Skript (123). Als Grund für die vermehrte Vorbereitungszeit kann ein Zusammenhang zwischen Lehrmedium und Lehrmotivation vermutet werden (93, 187). Diese Vermutung wird durch die Evaluationsergebnisse vor Präsenzkursbeginn (E2) gestützt. Hier stimmte die Kontrollgruppe im Vergleich zur Studiengruppe signifikant stärker für den Einsatz eines digitalen bzw. eines anderen Lehrmediums oder eine Kombination von diesen. Die Gruppe, die sich mit dem Ultraschallskript vorbereitete, wünschte sich somit ein digitales Vorbereitungsmedium, obwohl sie das eingesetzte E-Learning der Studiengruppe zu diesem Zeitpunkt nicht kannte. Die Motivation zur Kursvor- und Kursnachbereitung wurde somit mit dem eingesetzten E-Learning höher bewertet als mit dem analogen Lehrmedium Skript. Folglich scheinen E-Learnings die Motivation Studierender positiv zu beeinflussen. Vergleichbare Einschätzungen lieferten Harandi sowie Rovai und Ponton et al., die bei Einsatz von E-Learnings eine höhere Motivation beobachteten (93, 187).

Einige Autoren geben zu bedenken, dass die Nutzung von E-Learnings Eigenmotivation und Selbstdisziplin erfordere (3, 6). Allerdings ist dies bei einer eigenständigen Vorbereitung mit Skripten bzw. analogen Lehrmedien ebenfalls der Fall. Verpflichtender und nicht vom eigenen Engagement abhängig sind interaktive Live-Veranstaltungen, beispielsweise in Form von Online-Seminaren oder Vorlesungen.

5.2.5 Motivation und Lernziele der Studierenden

Im Folgenden werden verschiedene Faktoren diskutiert, die Einfluss auf die Motivation zur Teilnahme an einem Ultraschallkurs bzw. die generelle Motivation für die Teilnahme an einer Fortbildungsveranstaltung haben. Beide Gruppen führten als Einflussfaktoren für die Motivation einer Teilnahme an universitären Veranstaltungen die Items Form, Aussehen und Gestaltung eines Lehrmediums an. Auch andere

Veröffentlichungen beobachteten einen wesentlichen Einfluss der graphischen Aufbereitung von Lerninhalten auf die Motivation (198-200).

Ferner bewertete die Studiengruppe in der Evaluation E3 die „bestmögliche Nutzung der praktischen Einheiten durch die Vorbereitungszeit“ signifikant höher als die Kontrollgruppe. Somit scheint durch das E-Learning eine bessere Vorbereitung auf die praktischen Einheiten und dadurch eine effektivere Nutzung möglich. Diese Beobachtung überschneidet sich mit Forschungsergebnissen, die durch Vorbereitung mit E-Learnings eine Reduktion der praktischen Ultraschallzeiten erreichen konnten (31, 33, 43) und bei denen E-Learnings effektiv zur Vermittlung theoretischer und praktischer Ultraschallinhalte geeignet waren (32).

Darüber hinaus gab die Kontrollgruppe in der DivAN-Studie signifikant stärker den Wunsch nach begleitenden Vorträgen zu jedem abgefragten Themenkomplex an als die Studiengruppe. Vermutlich fühlten sich die Studierenden durch ein reines Skript mit Fließtext und Bildern inhaltlich nicht vollständig vorbereitet. Dagegen hatte die Studiengruppe mit dem E-Learning einen geringeren Bedarf an begleitenden Vorträgen. Durch das multimediale E-Learning konnten aus Sicht der Teilnehmer Ultraschallinhalte ausreichend vermittelt werden. Dies kann insbesondere im Rahmen eines Blended-Learning bzw. Flipped-Classroom-Konzeptes für die zukünftige Ausbildung interessant sein (siehe Abschnitt 5.4). In anderen Studien ließ sich ebenfalls der Wunsch nach Kurzvorträgen im Wechsel mit Hands-On-Trainings während der Präsenzphase beobachten (33). Zur Kursvor- und nachbereitung wurden aufgezeichnete Vorlesungen akzeptiert, allerdings wurde ein E-Learning am meisten präferiert (33).

Gruppenunabhängig zeigte sich initial in Evaluation 1 (E1) eine hohe Motivation zur Ultraschallkursteilnahme. Die Studierenden schienen somit am Themengebiet Ultraschall interessiert und insgesamt motiviert. Interessanterweise zeigte sich in den beiden Gruppen in Evaluation 2 (E2) eine signifikante Abnahme der Motivation. Als Erklärung kann eine bereits zeitintensive Beschäftigung mit den Ultraschallinhalten sowie das relativ kompakte und zeitintensive Präsenzwochenende erwogen werden. Durch den Präsenzkurs kam es zu einer Zunahme der Motivation. Vermutlich beeinflussten die praktischen Einheiten und das Kursmodell in der Präsenzkursphase das Interesse an und die Motivation für Ultraschall positiv. Eine nach Kursende hohe Motivation für eine weitere Beschäftigung mit Ultraschall ließ sich auch in anderen

Studien feststellen (19, 201). Dies spricht für eine zukünftige Implementierung von Sonographie-Lehrinhalten innerhalb der studentischen sowie ärztlichen Aus- und Weiterbildung.

Von der Kursvorbereitung wünschten sich die Studierenden gruppenunabhängig in allen abgefragten Lernzielen (Grundlagen, Anatomie, Ultraschalluntersuchung, Pathologien) einen starken Kompetenzzuwachs. Eine Präferenz für einen bestimmten Themenkomplex zeigte sich nicht. Nach der Vorbereitung wünschte sich die Kontrollgruppe signifikant stärker eine Verbesserung der praktischen Ultraschallfertigkeiten sowie der Interpretation von Ultraschallbildern. Somit scheint durch die Vorbereitung mithilfe des Skriptes das Erreichen einzelner Lernziele schwieriger als mithilfe des E-Learnings.

5.2.6 Evaluation des Ultraschallkurs-Modells

In der Kursevaluation nach Ende der Präsenzphase wurde das durchlaufene Kursmodell von beiden Gruppen insgesamt positiv bewertet. Auch in Vergleichsstudien befürworteten Studierende ein Peer-gestütztes Kursmodell und erzielten einen Wissenszuwachs, was auch die Vorarbeiten an der hiesigen Fakultät bestätigten (49, 62, 67-69, 189, 194). Somit kann das eingesetzte Kursmodell aus Sicht der Studierenden als erfolgreich und geeignet eingestuft werden.

Gleichwohl bewertete die Studiengruppe die Kurszufriedenheit in allen abgefragten Items besser. Der Zeitanatz für die Kursdurchführung durch die Studierenden wurde darüber hinaus insgesamt am schlechtesten in einem mittleren Skalenbereich bewertet. Gesamthaft hatten die Teilnehmer während des Präsenzkurses mehr Theorie- als Praxiseinheiten. Auch in zuvor durchgeführten Evaluationen wünschten sich die Studierenden mehr praktische Ultraschallzeiten (49). In anderen Studien ließ sich keine signifikant unterschiedliche Bewertung des Zeitanatzes zwischen analoger und digitaler Gruppe beobachten (51). Die Hands-On-Gruppen erfolgten mit einer 3:1 Betreuung, was als eine sehr gute Gruppengröße eingeschätzt werden kann (12, 202, 203). In Zukunft könnte versucht werden, die Praxiszeiten zu erhöhen und die Theoriezeiten im Vorfeld durch eine vollständige theoretische Vorbereitung der Teilnehmer zu erniedrigen.

Das Kurskonzept und die Verständlichkeit der Lernziele wurde durch die Studiengruppe signifikant besser evaluiert. Diese Ergebnisse können für einen positiven Effekt des E-Learnings auf die Wahrnehmung und Bewertung des gesamten Kurskonzeptes sprechen. In Einklang mit diesen Ergebnissen favorisierten Studierende und Ärzte (n=176) in einer Umfrage von Röhrig und Hempel et al. zur Vorbereitung des Ultraschallkurses ein E-Learning (33). Zudem bevorzugten sie ein interaktives E-Learning gegenüber aufgezeichneten Vorlesungen. Für die Kursnachbereitung präferierten sie den Einsatz eines E-Learnings, eines Arbeitsbuches, digitale Vorlesungsaufzeichnungen und Vorlesungsfolien sowie bei Rückfragen die Möglichkeit einer Kontaktaufnahme mit Dozenten (33). Eine gute Nutzerzufriedenheit bei Einsatz von E-Learnings im Rahmen der Ultraschallausbildung bestätigten gleichfalls Chenkin und Lee et al. sowie Lien und Lin et al. in ihren Studien (31, 32). Andere Autoren stellten bei Nutzung traditioneller Vorlesungen im Gegensatz zu digitalen Formaten eine vergleichbare Zufriedenheit fest (32, 100).

Einzelne signifikante Items können allerdings nicht auf die unterschiedlichen Lehrmedien zurückgeführt werden, das gilt insbesondere für die signifikant positivere Bewertung der Kursorganisation durch die Studiengruppe. Da der Ultraschallkurs der Kontrollgruppe der erste Wochenendkurs im Rahmen der Covid-19-Pandemie war und besondere Hygienevorschriften beachtet werden mussten, waren manche Abläufe gegebenenfalls hierdurch beeinträchtigt. Eine mögliche Erklärung für diese Ergebnisse wäre ein routinierterer Kursablauf im Sommersemester sowie eine zunehmende Vertrautheit mit den Hygieneregeln während der Covid-19-Pandemie.

5.2.7 Subjektive Kompetenzeinschätzung der Studierenden

Grundsätzlich kann die Durchführung von Evaluation als sinnvoll bewertet werden, insbesondere wird auf die Argumentation von Höhne und Recker et al. verwiesen, die den motivierenden Aspekt von Evaluationen betonen (20). Zum einen kann die Abfrage der verschiedenen Items ähnlich einem Kompetenzkatalog den Studierenden die Lernziele verdeutlichen. Zum anderen erhalten die Studierenden die Möglichkeit, die eigenen Kompetenzen zu hinterfragen und könnten motiviert werden, einzelne Kompetenzen zu verbessern (20). Des Weiteren berücksichtigen die Ergebnisse der DivAN-Studie nicht ausschließlich den subjektiven Kompetenzzuwachs im Rahmen der Evaluationen, sondern werden durch weitere Daten der objektiven

Prüfungsformate komplettiert und bieten somit ein umfassendes Abbild des Kompetenzerwerbs.

In der Gesamtbetrachtung ließ sich in der DIvAN-Studie ein subjektiver Kompetenzzuwachs beobachten, unabhängig davon, ob das Lehrmedium Skript oder E-Learning zur Kursvorbereitung eingesetzt wurde. Andere Studien beobachteten ebenfalls lehrmedienunabhängig einen subjektiven Zuwachs der Ultraschallkompetenzen (49-52). Zu Beginn des Ultraschallkurses fiel die Selbsteinschätzung gruppenunabhängig niedrig aus. Nach der Vorbereitungszeit gaben die Studierenden gruppenunabhängig einen subjektiv signifikanten Kompetenzzuwachs an. Die subjektive Verbesserung der Studierenden über die Zeit war überdies durch die theoretischen und praktischen Tests objektivierbar (siehe Abschnitt 5.3.1.1 und 5.3.2.1). Lediglich im Punkt „Patientenführung während der Untersuchung“ in Evaluation 3 war eine unterschiedliche Selbsteinschätzung zu beobachten. An dieser Stelle schätzte sich die Studiengruppe signifikant besser ein als die Kontrollgruppe. Erörtert werden kann an dieser Stelle, ob dies an den Videos im E-Learning lag, die die Patientenführung demonstrierten und den Studierenden gegebenenfalls mehr Sicherheit in diesem Item vermitteln konnten. Eine Überlegenheit des E-Learnings gegenüber dem Skript in der Vermittlung der Patientenführung und der praktischen Tätigkeiten kann daher vermutet werden. Daraus lässt sich ableiten, dass die Vermittlung praktischer Fertigkeiten in der Ultraschallausbildung zu Beginn durch Videos oder andere Multimediafunktionen möglich scheint (32). Arroyo-Morales und Cantarero-Villanueva et al. beobachteten zudem in ihrer Studie eine Zunahme des Selbstvertrauens/Selbsteinschätzung bei Verwendung eines E-Learnings zur Vorbereitung (51).

Bei Diskussion der Evaluationsergebnisse sollten die kritischen Untersuchungsergebnisse von Steinmetz und Oleskevich et al. beachtet werden. Sie beobachteten eine Überschätzung des tatsächlichen Ultraschallkompetenzerwerbs von Studierenden in Evaluationen (58). In diesem Kontext kann die Argumentation von Evans und McKenna et al. angeführt werden. Studierende würden in Evaluationen oftmals ihre gewünschte Leistung und den Arbeitsaufwand berücksichtigen und nicht die eigentliche Leistung (168). Diese Vermutung deckt sich mit den Beobachtungen von Störmann und Stankiewicz et al., in deren Studie fast die Hälfte der Studierenden der Humanmedizin ihre tatsächliche Leistung überschätzten (204).

Die Daten der DivAN-Studie zeigten einen schwach moderaten Zusammenhang zwischen objektiver und subjektiver Leistung sowie theoretischem und praktischem Kompetenzerwerb in der Korrelationsanalyse. Eine bessere Einschätzung der subjektiven Kompetenzen korrelierte demnach schwach mit besseren objektiven Kompetenzen. Während Inayah und Anwer et al. keine Korrelation zwischen der subjektiven Einschätzung und der erbrachten OSCE-Leistung Studierender feststellten, beobachteten Jahan und Sadaf et al. eine positive Korrelation zwischen Selbsteinschätzung und erbrachter Leistung von Medizinstudierenden (205, 206). Daraus schlussfolgernd wäre ein Feedback an die Teilnehmer wichtig, um die dem tatsächlichen Leistungsniveau entsprechende Leistung mit der vorhandenen Selbsteinschätzung transparent und vergleichbar zu machen (204).

5.2.8 Evaluation der eingesetzten Lehrmedien

Die Lehrmedien Skript und E-Learning bewerteten die Studierenden zu allen Zeitpunkten in einem guten bis sehr guten Bereich. Im Gesamtscore wurde das E-Learning zu Beginn der Präsenzkursphase in Evaluation 2 (E2) signifikant besser bewertet. Hier sollten die Ergebnisse mit den Einschätzungen der Studierenden zur Kursvorbereitung in Verbindung gebracht werden. Die Studierenden fühlten sich vermutlich durch das E-Learning besser vorbereitet und bewerteten dieses in der Folge besser.

Bei Präsenzkursende wurden die Lehrmedien nicht signifikant unterschiedlich bewertet. Jedoch ließ sich bei beiden Lehrmedien eine höhere Bewertung als zu Präsenzkursbeginn feststellen. Tendenziell führte eine nochmalige Auseinandersetzung mit dem Lehrmedium und eine weitere Bearbeitungszeit zu insgesamt höheren Bewertungen der Lehrmedien. Darüber hinaus wurde die Verständlichkeit der Inhalte in den Lehrmedien am Präsenzkursende signifikant höher bewertet. Nach Präsenzkurs wurden die Inhalte somit für die Studierenden anschaulicher.

Die E-Learning-Gruppe bewertete zudem in der dritten und somit letzten Evaluation (E3) die Lernkarten und das Design signifikant besser. Da das E-Learning sich selbst nicht veränderte, wandelte sich die Einschätzung der Studierenden. Eine Erklärung hierfür könnte ein nach Beschäftigung mit Ultraschallinhalten im Präsenzkurs besserer Zugang zur Ultraschallthematik sowie insgesamt eine bessere Übersicht über das E-Learning und seine Funktionen sein.

Zusammenfassend wurden die Lehrmedien positiv beurteilt und nach Beschäftigung mit diesen für nochmals besser befunden, was auf einen motivierenden Charakter der Lehrmedien schließen lassen könnte.

Auch andere Autoren beobachteten eine gute Bewertung des eingesetzten digitalen Lehrmediums (50, 51). Jedoch wurde beispielsweise bei Arroyo-Morales und Cantarero-Villanueva et al. lediglich das neue digitale Lehrmedium evaluiert unter Vernachlässigung einer Evaluation des analogen Lehrmediums (51). Zukünftig wären daher, in Ergänzung zur DIvAN-Studie, weitere Studien interessant, die eine subjektive Evaluation der Lehrmedien und zugleich den objektiven Kompetenzzuwachs untersuchen.

5.3 Diskussion der objektiven Daten

Die beiden Teilnehmergruppen des Flipped-Classroom-Ultraschallkurses verzeichneten über alle Erhebungszeitpunkte einen objektiven theoretischen und praktischen Kompetenzzuwachs. Die eingesetzten Lehrmedien Skript und E-Learning waren insbesondere zur Kurvorbereitung geeignet und führten zu einem Aufbau von Ultraschallkompetenzen.

5.3.1 Theoretische Prüfungen

5.3.1.1 Ergebnisse der theoretischen Prüfungen Q1-Q3

Die theoretischen Prüfungen erfolgten zu drei verschiedenen Zeitpunkten. Nach der Vorbereitungszeit vervierfachten (von 20P auf 80/90P) die Studierenden ihre Ergebnisse im Test Q2 im Mittel. Somit konnte ein guter theoretischer Kompetenzzuwachs erzielt werden. Die Studiengruppe erzielte durch die Vorbereitung mit dem E-Learning signifikant höhere Punkte im Wissenstest Q2 als die Kontrollgruppe. Die unterschiedlichen Ergebnisse im Test Q2 könnten durch die unterschiedlichen Lehrmedien, die höhere Motivation zur Kurvorbereitung mit dem Lehrmedium Skript sowie eine unterschiedlich umfangreiche Vorbereitungszeit begründet werden (siehe Abschnitt 5.3.3). In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen schnitten in einer Studie von Hempel und Sinnathurai et al. Studierende, die ein E-Learning nutzten, im theoretischen Test vor Kursbeginn signifikant besser ab

als Studierende, die sich mit Vorlesungen vorbereitet hatten (43). An Kursende gab es jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen in den theoretischen und praktischen Tests (43).

Die Testergebnisse nach Präsenzkurs (Test Q3) ergaben in beiden Gruppen eine signifikante Wissenssteigerung im Vergleich zum Test Q2. Hier unterschieden sich die Kontroll- und Skriptgruppe nicht mehr signifikant. Durch den Präsenzkurs schien demzufolge theoretisches Wissen gut vermittelt zu werden. Die durch die unterschiedlichen Lehrmedien begründbaren unterschiedlichen Ergebnisse im Test Q2 konnten durch den Kurs ausgeglichen werden. Auch andere Studien belegten bei unterschiedlicher Kursvorbereitung mit Lehrbuch oder digitalem Medium (51, 52) bzw. mit Vorlesung oder digitalem Medium (32, 100, 101) keine signifikanten Unterschiede der theoretischen Testergebnisse am Kursende. Interessant wären Folgeuntersuchungen mit der Fragestellung, ob die E-Learning-Gruppe auch mit geringerem zeitlichem Aufwand die gleichen Kompetenzen analog der Skriptgruppe im Rahmen des Ultraschallkurses aufbauen könnte.

Im Widerspruch hierzu stehen die Ergebnisse von Platz und Liteplo et al. (191). Im Posttest schnitten Teilnehmer mit Ultraschallvorkenntnissen in der Gruppe digitale Vorträge verglichen mit der Gruppe mit Präsenzvorträgen signifikant schlechter ab (191). Als Erklärungen führen die Autoren eine fehlende Interaktion bei digitalen Vorträgen sowie eventuell weniger Aufmerksamkeit und eine Überschätzung der bereits bestehenden Ultraschallkenntnisse bei Teilnehmern mit Ultraschallvorerfahrung an (191). Diese Argumentationskette lässt sich nicht auf die DivAN-Studie übertragen, da die Vorbereitung mit beiden Lehrmedien selbstständig zuhause stattfand (keine Interaktion) und die meisten Teilnehmenden keine Ultraschallvorerfahrungen besaßen. Zudem sollte kritisch hinterfragt werden, ob bei Platz und Liteplo et al. im Rahmen der digitalen Vorträge die Möglichkeiten der interaktiven Beteiligung (z.B. Mentimeter, Kahoot!) ausgeschöpft wurden (81, 191). Am Vorlesungsende wurde lediglich eine fünfminütige Fragerunde als interaktives Element angeboten (191).

Die Studiengruppe mit dem Lehrmedium E-Learning erzielte von Q1 zu Q2 einen signifikant stärkeren Kompetenzzuwachs als die Kontrollgruppe mit dem Lehrmedium Skript. Im Kompetenzzuwachs von Q2 zu Q3 erreichte die Kontrollgruppe einen signifikant höheren Zuwachs. Die Vorbereitung mit dem E-Learning ermöglichte einen

stärkeren Wissenszuwachs. Die Kontrollgruppe schnitt im Test Q2 mit niedrigen Werten ab, erreichte jedoch durch den Präsenzkurs eine stärkere Steigerung der Kompetenzen als die Studiengruppe.

Der Themenbereich Pathologien erzielte in allen drei Tests gruppenunabhängig jeweils die niedrigsten Punktwerte. Eine mögliche Erklärung ist der Wissensstand der Teilnehmer, da diese im 1. Klinischen Semester im Ausbildungscurriculum bis dato wenige Berührungspunkte mit spezifischen Krankheitsbildern hatten. Zudem hatte die Mehrheit der Studierenden zuvor keine Ultraschallerfahrung und musste somit zunächst die Grundlagen und Normalbefunde erlernen, bevor pathologische Befunde erkannt und eingeordnet werden konnten. Jedoch priorisierten die Studierenden das Erlernen von Pathologien in den Lernzielen ähnlich wie alle anderen Bereiche. Da Skript und E-Learning chronologisch aufgebaut sind, beginnend mit Grundlagen über Normalbefunden und endend mit Pathologien, wurden diese vermutlich zusätzlich durch die Studierenden vernachlässigt bzw. für diesen Part am wenigsten Zeit investiert. Es könnte daher sinnvoll sein, zu einem späteren Zeitpunkt des Humanmedizinstudiums einen Wiederholungskurs mit Schwerpunkt Pathologien für die Studierenden durchzuführen. Dadurch würde eine Ergänzung zu den klinischen Fächern und Pathologien und somit eine Umsetzung eines longitudinalen Curriculums erfolgen. Weimer und Widmer et al. beobachteten einen langfristigen Erhalt der Ultraschallkompetenzen zweieinhalb Jahre nach Absolvierung eines Ultraschallkurses an der medizinischen Fakultät der Universität Mainz (189). Interessant wäre eine ergänzende Untersuchung, ob der nachhaltige Lernerfolg von den eingesetzten Lehrmedien (Skript oder E-Learning) abhängt bzw. sich unterscheidet (189).

5.3.1.2 Ergebnisse der Warm-Up-Quizze WQ1-WQ5

Die Kontrollgruppe erzielte in den Warm-Up-Quizzen, im Vergleich zu den anderen Prüfungsformaten, eine signifikant bessere Gesamtpunktzahl als die Studiengruppe. Jedoch sollte beachtet werden, dass der durchschnittlich erzielte Mittelwert weit unter der möglichen Gesamtpunktzahl lag und somit insgesamt eine mittelmäßige Leistung erreicht wurde. Die Ergebnisse der Warm-Up-Quizze präsentierten sich inkongruent zu den anderen erhobenen Studienergebnissen. Platz und Liteplo et al. beobachteten eine bessere Gesamtpunktzahl der Kontrollgruppe mit traditionellen Vorlesungen gegenüber der Studiengruppe mit digitalen Vorträgen, jedoch wurde hier ein Multiple-

Choice-Test eingesetzt und die Ergebnisse bezogen sich auf eine Subgruppe mit Ultraschallvorerfahrungen (191). In drei weiteren Studien zeigten sich beim Vergleich von traditionellen Vorlesungen mit digitalen Vorlesungen bzw. E-Learnings in den anschließenden theoretischen Prüfungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (32, 100, 101). In zwei Publikationen wurde jedoch nicht angegeben, welche Fragenformate verwendet wurden, in einem Fall kamen „Short-Answer“-Fragen zum Einsatz (32, 100, 101).

5.3.1.3 Diskussion der theoretischen Prüfungsformate

Insgesamt wurden im Rahmen der Studie eine Vielzahl an Prüfungsformaten eingesetzt. Bei Entwicklung des Studiendesigns und unter Inklusion der Ergebnisse der Literaturdiskussion wurden die Prüfungen bewusst als didaktisches Tool verwendet. Es kann der Argumentationen von Sefton und Azzam zugestimmt werden, die Prüfungen als „Motor des Lernens“ bezeichnen (36, 87).

Im Rahmen der Studienplanung kamen verschiedene theoretische Prüfungsformate infrage. Letztendlich wurde für die Quizze Q1-Q3 ein Prüfungsformat mit Kurzantwort-Fragen (VSA-Fragen) gewählt. Die verschiedenen theoretischen Prüfungsformate untersuchten Puthiaparampil und Rahman (166). Ihre Beobachtungen deuten auf eine hohe Testzuverlässigkeit und Validität von VSA-Fragen hin. Zudem bevorzugten die Studierenden Kurzantwort-Fragen als effiziente Abfrage (166). Durch Verwendung von Kurzantwort-Fragen kann die Möglichkeit des Rätens, wie bei MC-Fragen möglich, eliminiert werden. Zum anderen kann durch das Fragenformat eine Abfrage des aktiven Wissens erreicht werden. Das Prüfungsformat mit VSA-Fragen ist den Studierenden im Humanmedizinstudium weitestgehend unbekannt. Jedoch kann durch dieses Testformat eine faire und repräsentative Abfrage erreicht werden.

Durch den dreimaligen Einsatz des gleichen theoretischen Prüfungsformates Q1-Q3 konnte der Lernfortschritt aussagekräftig dokumentiert werden. Auch Chenkin und Lee et al. sowie Haskins und Feldmann et al. nutzten für eine gute Vergleichbarkeit die gleichen Prüfungsformate für Prä- und Posttest (32, 100).

Es ist zu diskutieren, ob die Warm-Up-Quizze zur Prüfung der theoretischen Kompetenzen geeignet waren. Mögliche Kritikpunkte umfassen eine objektiv schwer umzusetzende Auswertung der Zeichenaufgabe sowie einen fehlenden

Erwartungshorizont, was in den Zeichenübungen von den Studierenden gefordert war. Die Warm-Up-Quizze wurden daher in diesem Konzept primär zur Wiederholung der theoretischen Inhalte eingesetzt und im Rahmen der Gesamtauswertung des Kompetenzzuwachses nicht berücksichtigt.

In Zukunft ist eine Digitalisierung der Prüfungsformate vorzuschlagen. Die theoretischen Tests könnten an Computern oder Tablets ausgeführt und automatisiert bewertet werden. Damit könnten personelle Kapazitäten eingespart bzw. eine Reduktion der Korrekturzeit gewährleistet werden (5, 169). Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass eine Etablierung sicherer digitaler Prüfungsformate mit Kosten verbunden ist (169, 170).

Allgemein schreitet die Digitalisierung der Prüfungsformate zügig voran. Im Hochschulforum Digitalisierung 2014/2015 führte die humanmedizinische Fakultät Mainz bei Umfragen im nationalen Vergleich am häufigsten (87.5%) digitale Klausuren durch (91). Spätestens seit der Covid-19-Pandemie wurden Prüfungsformate gezwungenermaßen digitalisiert (207).

5.3.2 Praktische Prüfungen

5.3.2.1 Ergebnisse der praktischen Prüfungen

Im praktischen Test P1 wurde der Kompetenzerwerb durch das Vorbereitungslehrmedium abgebildet. In der Praxisprüfung P1 schnitt die Studiengruppe signifikant besser als die Kontrollgruppe ab. Mithilfe des E-Learnings schien das Erlernen der Untersuchungsabläufe erfolgreicher als mit einem Skript. In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen beobachteten Cantarero-Villanueva und Fernández-Lao et al. bei Studierenden der Physiotherapie signifikant bessere Ergebnisse in einer Ultraschall-OSCE zum muskuloskelettalen Ultraschall bei Vorbereitung mit einem E-Learning-Medium als bei der Kontrollgruppe mit Vorbereitung mit Büchern und Texten (50). Beaulieu und Laprise et al. konnten ebenso signifikant bessere praktische Ergebnisse bei Assistenzärzten, die ein E-Learning und praktisches Ultraschalltraining am Simulator nutzten, feststellen im Vergleich zur Kontrollgruppe mit traditionellem Unterrichtsmodell (13).

Abweichende Ergebnisse erzielten Nilsson und Todsén et al. in ihrer Studie (52). Sie beobachteten keine signifikanten Unterschiede in den praktischen OSAUS-

Prüfungsergebnissen der Studierenden, die sich mit einer digitalen App bzw. mit einem Lehrbuch vorbereiteten (52).

In der Praxisprüfung P2 steigerten sich beide Gruppen signifikant. Die Studiengruppe erzielte im Vergleich zur Kontrollgruppe ein signifikant besseres Ergebnis. Diese Resultate deuten auf eine Steigerung des Kompetenzzuwachses durch die Praxiszeiten hin. Jedoch schien kein vollständiger Ausgleich des praktischen Kompetenzerwerbs zwischen beiden Gruppen möglich.

Insgesamt scheinen somit sowohl analoge als auch digitale Lehrmedien zum Aufbau praktischer Kompetenzen geeignet, in einigen Fällen waren digitale Lehrmedien effektiver.

5.3.2.2 Diskussion des praktischen Prüfungsformates

Das praktische Prüfungsformat OSCE ist im Rahmen der Ultraschallkurse in Mainz bereits seit mehreren Jahren erfolgreich implementiert (49, 162). In einer Übersichtarbeit zum nationalen Einsatz von Prüfungsformaten in der Ultraschallausbildung von Wolf und Geuthel et al. wurde das OSCE-Prüfungsformat als häufigstes praktisches Prüfungsformat gewählt (66). Zur Überprüfung der praktischen Ultraschallkompetenzen setzten auch Chenkin und Lee et al., Cantarero-Villanueva und Fernández-Lao et al., Hoppmann und Rao et al., Hari und Kälin et al. und Lien und Lin et al. in ihren Studien OSCE-Prüfungen ein (9, 31, 32, 50, 190). Neben den OSCE-Prüfungen haben sich zur Kompetenzmessung in der Ultraschallausbildung weitere Prüfungsformate wie DOPS und OSAUS etabliert. Hier könnte zukünftig der Einsatz von DOPS diskutiert werden, da diese weniger Bewertungsstationen und somit geringerer Ressourcen bedürfen (20). Weitere Vorteile der DOPS ergeben sich durch Einsatz einer OSAUS-Skala sowie einen stärkeren klinischen Bezug (20, 164). Die OSCES könnten, wie von Kuhn und Frankenhauser et al. vorgeschlagen, in Zukunft digital kommentiert werden (5).

5.3.3 Diskussion der Auswirkungen der Vorbereitungszeit auf die Prüfungsergebnisse

Interessant waren die in der Subgruppenanalyse beobachteten Auswirkungen der Vorbereitungszeit auf die Prüfungsergebnisse in Theorie und Praxis.

Beim theoretischen Kompetenzzuwachs schnitt die Studiengruppe bei einer Vorbereitungszeit von <10 Stunden signifikant besser ab. Bei einem Vorbereitungsumfang darüber hinaus zeigten sich keine Zusammenhänge zwischen den eingesetzten Lehrmedien bzw. den Gruppen.

Im Praxistest erzielte die Studiengruppe bei einer Vorbereitungszeit von bis zu 20 Stunden signifikant bessere Ergebnisse als die Kontrollgruppe. Vermutlich hatte das E-Learning als Vorbereitungsmedium daher einen positiven Einfluss auf die praktischen Testergebnisse. Hingegen zeigte sich ab einem Vorbereitungsumfang von > 20 Stunden kein signifikanter Unterschied der Testergebnisse zwischen den Gruppen. Die Studierenden konnten hier mit beiden Lehrmedien die gleichen Ergebnisse erzielen.

Insgesamt lassen diese Daten auf die Effektivität und Zeiteffizienz der Lehrmedien schließen. Beide Lehrmedien sind gut geeignet, um theoretische und praktische Inhalte zu vermitteln. Dazu passend sind Beobachtungen anderer Studien, bei denen durch Einsatz eines E-Learnings zur Kursvorbereitung eine Reduktion der praktischen Ultraschallzeiten erwirkt werden konnte (31, 33, 43).

Diese Ergebnisse bieten somit einen Anreiz, Veranstaltungen in einem Flipped-Classroom-Konzept zu etablieren und eine Ökonomisierung der Kurszeiten zu erreichen. Die Studierenden könnten dadurch motiviert werden und eine möglichst effektive Vor- und Nachbereitung erzielen. Wenngleich die Konzepte in der ärztlichen Ausbildung noch wenig etabliert sind, scheinen diese zukünftig ein großes Potential zu haben (138).

5.4 Diskussion der Lehrkonzepte in der Ultraschallausbildung mit Schwerpunkt Blended-Learning und Flipped-Classroom-Konzept

Bei dem in der DivAN-Studie eingesetzten Kurskonzept handelte es sich um ein Flipped-Classroom-Konzept. Das bei der Studiengruppe eingesetzte Kurskonzept kann zudem als Blended-Learning-Konzept bezeichnet werden, da mit einem digitalen Lehrmedium (E-Learning) gearbeitet wurde.

Der DivAN-Ultraschallkurs verzichtete auf das traditionelle Vorlesungsmodell. Vorevaluationen einer Ultraschallvorlesung von Studierenden (n=268) an der eigenen Fakultät bewerteten die Leistung der Dozierenden in einem guten Skalenbereich. Die Themenkomplexe „Tempo“, „Menge des Lehrstoffs“ und „Schwierigkeit“ wurden hingegen in einem schlechten Skalenbereich benotet (49). Die hierbei bemängelten Punkte lassen sich durch Einsatz eines Lehrmediums im Selbststudium aufheben. Zudem bleiben Vorlesungsinhalte oftmals nicht nachhaltig in Erinnerung. Hempel und Stenger stellten fest, dass Studierende sich nach zwei Wochen an weniger als 20% des präsentierten Inhalts in Vorlesungen erinnerten (188). Diese Beobachtungen sprechen ebenfalls für den Einsatz eines Flipped-Classroom-Modells. Hier kann das Tempo durch die Studierenden individuell festgelegt und der Lernstoff individuell eingeteilt werden. Weitere Vorteile des Flipped-Classroom-Modells liegen in der zeitlichen Flexibilität sowie in der Zunahme von Motivation und Zufriedenheit der Studierenden (183, 184).

Das Blended-Learning-Kurskonzept der Studiengruppe zeigte verschiedene Vorteile. Zum einen führte es zu besseren Kursevaluationen verglichen mit der Kontrollgruppe. Zum anderen schnitten die Studierenden zu Präsenzkursbeginn im theoretischen und praktischen Test signifikant besser ab als die Kontrollgruppe. Die Ergebnisse der DivAN-Studie decken sich mit anderen Studien, die digitale und traditionelle Lehrmedien bzw. Lehrkonzepte verglichen, beispielsweise digitale Vorlesungen mit Präsenzvorlesungen oder Klassenzimmerunterricht (32, 43, 99-101, 191). Die Autoren resümieren, dass die digitalen Angebote in der praktischen und theoretischen Wissensvermittlung mindestens so effektiv waren wie der traditionelle Präsenzunterricht (32, 43, 99-101). Weitere Vorteile des Blended-Learning-Konzeptes

seien durch die Einsparung von Personalkosten und eine zeitlich flexible Nutzung gegeben (34).

Auch die WFUMB positionierte sich 2020 für den Einsatz eines Blended-Learning-Konzeptes (23). Um einen optimalen Nutzungseffekt des Hands-On-Trainings zu erzielen sei zudem eine gute Kursvorbereitung entscheidend (23). In der DivAN-Studie konnte eine zufriedenstellende Kursvorbereitung sowohl mit einem Skript als auch mit einem E-Learning erzielt werden. Wobei das E-Learning dem Skript in einzelnen Punkten überlegen war.

Ferner konnten Assistenzärzte bei Untersuchungen von Beaulieu und Laprise et al. durch ein Blended-Learning-Ultraschallkurskonzept verglichen mit einem traditionellen Unterrichtsmodell signifikant bessere praktische Fertigkeiten erwerben (13). In Übereinstimmung mit den DivAN-Studienergebnissen scheinen praktische Fertigkeiten gut durch Einsatz eines E-Learnings vermittelbar (13, 43, 99, 100). Jedoch demonstrieren unsere Daten ebenfalls die Relevanz von Praxiszeiten am Gerät zum Erwerb von Ultraschallkompetenzen. Hands-On-Trainings sollten demnach nicht vollständig durch digitale Lehrmedien ersetzt werden (138).

In den erhobenen Umfragen konnte eine positive Einstellung gegenüber modernen digitalen Lehrmedien festgestellt werden, die sich mit den Beobachtungen anderer Autoren deckt (21, 26, 32, 33, 100). Lebenslanges Lernen spielt im Arztberuf eine große Rolle und Weiterbildungen sind verpflichtend (115, 159). Während die DEGUM bis jetzt keine digitalen Formate als Weiterbildungsmöglichkeit akzeptiert (138) wird der Online-Erwerb von CME-Punkten bereits von vielen Landesärztekammern akzeptiert (115, 159). Die Fachgesellschaften sollten daher zukünftig den Einsatz und die Zertifizierung von Blended-Learning-Konzepten vermehrt fördern. Auch Kongresse finden zunehmend als Hybridveranstaltungen mit digitalen und Präsenzanteilen statt (208). Darüber hinaus könnte sich personalisiertes Lernen in Zukunft zu einem ausbaufähigen Themengebiet entwickeln (110). Digitale Formate werden in der Zukunft zunehmend an Relevanz gewinnen.

5.5 Diskussion unter Aspekt der Covid-19-Pandemie

Die Corona-Pandemie zwang die Universitäten vermehrt bzw. zum Teil ausschließlich, Lehrinhalte digital zu vermitteln (7, 44, 45, 47). Beide Gruppen der DivAN-Studie bewerteten die Lehrangebote an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz vor der Covid-19-Pandemie in einem unteren Skalenbereich. Auch andere Studierende ordneten den Einsatz digitaler Lehrmedien und -modelle vor der Covid-19-Pandemie als gering ein (26). In Summe spiegeln diese Aussagen die bestehende Diskrepanz einer angestrebten Digitalisierung der Hochschulen und der zu diesem Zeitpunkt bestehenden digitalen Lehrmedien- und -modelle wider (92, 209).

Während der Pandemie bewertete die Studiengruppe die digitalen Angebote signifikant besser als die Kontrollgruppe. Jedoch wurden Studien- und Kontrollgruppe durch zwei verschiedene Semester abgebildet. Während die Kontrollgruppe im Wintersemester circa ein halbes Jahr nach Beginn der Corona-Pandemie die Lehre evaluierte, erfolgte die Meinungsumfrage durch die Studiengruppe circa ein Jahr nach Pandemiebeginn. In diesem Zeitabschnitt scheint eine Veränderung bzw. eine Weiterentwicklung der digitalen Lehre wahrscheinlich. Andere Daten beobachteten eine schnelle digitale Umstellung während der Pandemie (26, 46). Das Meinungsbild der Studierenden der DivAN-Studie stimmt mit den internationalen Umfrageergebnissen der DigiMed-Studie überein (26). Insgesamt zeigte sich während der Pandemie eine Zufriedenheit mit den digitalen Lehrmodellen und -medien (47, 194).

Darüber hinaus gilt es zu betrachten, welche digitalen Lehrmethoden und Lehrmedien auch in Zukunft ihre Daseinsberechtigung haben. Voraussichtlich sind nicht alle Lehrmedien, die während der Pandemie „notfallmäßig“ entwickelt wurden qualitativ hochwertig bzw. unterlagen mitunter keiner ausgiebigen Qualitätskontrolle (26, 46). An dieser Stelle kann der Aussage Handkes zugestimmt werden, der argumentiert, dass nicht jeder Dozierende bzw. jede Hochschule ein digitales Lehrmedium entwickeln müsse, da bis dato Lehrbücher ebenfalls hochschulübergreifend genutzt worden seien (210, S. 248).

Insgesamt wurde durch die Pandemie der digitale Transformationsprozess der Lehre beschleunigt (26, 45-47).

5.6 Zukunftsperspektiven

5.6.1 Ausblick Ultrashallausbildung an der Universitätsmedizin Mainz

Die Ultrashalllehre im Rahmen des Peer-to-Peer-Ansatzes an der Johannes Gutenberg-Universität konnte durch die DivAN-Studie bewertet und weiterentwickelt werden. Die während der Covid-19-Pandemie durchgeführten Wochenendkurse wurden auf Wochenkurse mit insgesamt 10 Unterrichtsblöcken umgestellt. Dieses Format hatte sich bereits vor der Pandemie bewährt und bietet den Studierenden mehr Kontinuität. Nourkami-Tutdibi und Hofer et al. beobachteten in Evaluationen, dass eine Inhaltsvermittlung innerhalb von zwei halben Werktagen von den Studierenden als zu dicht empfunden wurde. Diese Beobachtung unterstützt die erfolgte Umstellung des Wochenend-Kompaktkurses auf einen wöchentlichen Kurs (194).

Die Vorbereitung mithilfe des E-Learnings im Sinne eines Blended-Learning-Konzeptes wurde in den Ultrashallkursen etabliert. Die Studierenden können sich auf die Unterrichtseinheiten vorbereiten und die Präsenzzeit effektiv nutzen. Zudem kann zusätzlich das Ultrashallskript erworben werden. Dieses kann als Nachschlagwerk bzw. als Ergänzung zum E-Learning verwendet werden. Darüber hinaus gilt es, die unterschiedlichen Lerntypen zu beachten, die unterschiedliche Lehrmedien bevorzugen. Daher scheint es von Vorteil zu sein, unterschiedliche multimediale Tools zur Vor- und Nachbereitung zur Verfügung zu stellen.

Der Peer-Teaching-Ansatz wurde im Kurskonzept als geeignet erachtet. Zukünftig sollte die Digitalisierung verstärkt in die Peer-Tutoren Ausbildung integriert werden. Dazu zählt die Schulung bezüglich der Nutzung digitaler Medien und Trends, um einen sicheren und geübten Einsatz digitaler Medien und Ausbildungsprogramme zu gewährleisten.

Das Prüfungsformat OSCE wurde durch DOPS-Prüfungen ersetzt. Die DOPS-Prüfungen weisen gegenüber dem OSCE-Prüfungsformat mehrere Vorteile auf. Es wird eine OSAUS-Bewertungsskala verwendet, die Studierenden erhalten ein strukturiertes Feedback und es besteht ein inhaltlich stärkerer klinischer Bezug (20, 164). Diese werden an Kurstag fünf zu Übungszwecken und an Kurstag zehn als Abschlussprüfung von den Studierenden absolviert. Die Antestate konnten in ein digitales Format (auf der Plattform Moodle) überführt werden. Somit beantworten die Studierenden vor den praktischen Ultrashalleinheiten selbstständig theoretische

Fragen zum jeweiligen Themenkomplex und können ein digitales Zertifikat für die entsprechende Kurseinheit erwerben. Darüber hinaus können dadurch praktische Kurszeiten eingespart werden.

Durch den Einsatz neuer digitaler Lehrmedien lässt sich insgesamt ein Wandel des Gebrauchs herkömmlicher Lehrmedien wie Skripte und Bücher beobachten. Diese werden jedoch nicht unbedingt ersetzt, sondern häufig ergänzend genutzt und haben nach wie vor für Studierende einen hohen Stellenwert (211).

Perspektivisch könnte zudem erwogen werden, das Ultraschalllehrkonzept durch Webinare oder aufgezeichnete Vorlesungen zu ergänzen. Hier könnten Rückfragen geklärt und eine interaktivere Lehrform mit der Möglichkeit eines direkten Austauschs (vgl. mit Skript oder E-Learning) etabliert werden.

Zudem wurde das E-Learning durch weitere Module (z.B. „tiefe Venenthrombose“) ergänzt und befindet sich durch Rückmeldungen der Studierenden und Tutoren in einem stetigen Verbesserungsprozess. Während bei analogen Formaten Änderungen nur im Rahmen von Neuauflagen möglich sind, stellt die zeitlich beliebige Anpassung und Aktualisierung von Inhalten digitaler Lehrmedien einen Vorteil dar (212).

In Zukunft könnten die analogen Lehrmedien um digitale Aspekte ergänzt werden. Das bestehende Ultraschallskript könnte beispielsweise durch QR-Codes erweitert werden und somit den Zugriff auf Videos ermöglichen.

Es wäre aufschlussreich, weiterhin die Studien- und Kontrollgruppenkohorte (WiSe20/21 und des SoSe21) des Ultraschallkurses zu beobachten. Hier stellt sich die Frage, inwieweit das E-Learning oder das Skript zur Kursnachbereitung genutzt wurden. Eine erneute Evaluation sowie theoretische und praktische Kompetenzüberprüfung könnte die Nachhaltigkeit des Kursformates und der Lehrmedien beurteilen. Hier könnte eine erneute Abfrage im Rahmen des Minerva-Kurses erwogen werden, der jeweils zu Beginn des Praktischen Jahres stattfindet (189).

Ausgehend von den hier vorgestellten Ergebnissen ist eine genauere Untersuchung zur Vorbereitung mithilfe von E-Learnings und einer möglichen Reduktion der Präsenzzeiten interessant. Diese wurde in einer weiteren Studie aus dem Bereich des Herz-Ultraschalls durch die Rudolf-Frey Lernklinik aufgegriffen und wird aktuell untersucht (147).

Darüber hinaus könnte die E-Learning-Nutzung und -Akzeptanz verstärkt durch entsprechende Modelle wie das UTAUT-Modell untersucht werden (97, 116-119).

5.6.2 Ausblick Ultrascchallausbildung allgemein

Aktuell lässt sich ein Trend weg von Faktenwissen hin zu kompetenzbasiertem Lernen beobachten (13, 56, 63, 64). Mit der NKLM wird die humanmedizinische Ausbildung neu ausgerichtet (63, 64). Eine kompetenzbasierte Lehre und ein Kompetenzkatalog sollen Ausgangspunkt für die neue ärztliche Approbationsordnung werden (63, 64). Diese Entwicklung lässt sich begrüßen und spiegelt sich in der Ultrascchallausbildung wider.

Neben der zunehmenden Bedeutung von Ultraschall in der Klinik kann die Ultrascchallausbildung als interdisziplinäre Kompetenz eingestuft werden. Neben dem Erlernen bzw. Wiederholen der Anatomie werden viele internistische und chirurgische Themengebiete abgedeckt. Eine horizontale und vertikale Integration in das humanmedizinische Ausbildungscurriculum erscheint sinnvoll und sollte zukünftig verstärkt angestrebt werden (172, 174).

Darüber hinaus sollte eine Fortführung des inter- und intrauniversitären Austauschs zur Digitalisierung im Allgemeinen und speziell in der Ultrascchallausbildung angestrebt werden. Hier ist eine Zusammenarbeit der fächerspezifischen Experten mit Bildungsexperten sowie Technologieexperten wünschenswert (3), um digitale Lehrmedien- und modelle auch nach der Pandemie weiterzuentwickeln.

Das Blended-Learning-Konzept könnte vermehrt Einsatz in der pflichtcurricularen Ausbildung im Humanmedizinstudium und der Ultrascchallausbildung finden. Das eingesetzte DlvAN-Kurskonzept kann zudem auf ärztliche Kurskonzepte übertragen werden. Zum heutigen Zeitpunkt sind in diesem Bereich die digitalen Unterrichtskonzepte oftmals wenig etabliert (138). Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und Vorteile digitaler Tools und eines Blended-Learning-Konzeptes sollten hier berücksichtigt werden (5, 38, 41, 179). Beispielsweise die zeitliche Flexibilität bei der Kursvorbereitung sowie die Möglichkeit, individuelle Schwerpunkte zu setzen (5). Es könnte eine Herausforderung sein, ein Kurskonzept einzusetzen, das die verschiedenen Nutzergruppen und Generationen gleichermaßen zufrieden stellt. Aufgrund einer vermutlich heterogenen Altersstruktur der ärztlichen

Kursteilnehmer könnte eine unterschiedliche Affinität und Offenheit gegenüber digitalen Technologien existieren. Als digitales Lehrmedium im Rahmen eines Blended-Learning-Konzeptes würde sich ein E-Learning mit multimedialen Funktionen (z.B. Videos, Text, Animationen) eignen. Webinare oder digitale Vorlesungen könnten ergänzend eingesetzt werden. Auch Skripte oder Bücher könnten als Lehrmedien fakultativ angeboten werden.

Die neue Generation von Ärzten wird einer Generation angehören, die bereits in Schule und Studium Erfahrungen mit digitalen Lehrmedien gesammelt hat. Die Generation der Medizinstudierenden, die an der DivAN-Studie teilgenommen haben, werden voraussichtlich in circa einem Jahr ihr Humanmedizinstudium beenden. Diese Generation zeigte sich offen für digitale Lehrmedien und würde diese z.B. in Rahmen von Fortbildungen positiv annehmen.

Zudem kann die von Blank und Strobel et al. vorgeschlagene Registrierung digitaler Ultraschallangebote unterstützt werden (138). Diese sollte in der studentischen Ausbildung fest etabliert werden. Dadurch könnten die Lehrmaterialien zertifiziert und durch eine Qualitätskontrolle freigegeben werden. Hier wäre eine Zusammenarbeit mit den entsprechenden Fachgesellschaften wünschenswert.

5.7 Limitationen

Im Folgenden soll auf mögliche Limitationen der DivAN-Studie hingewiesen werden. Die DivAN-Studie untersuchte den Zeitraum von Beginn der Kursphase bis zur Beendigung des Präsenzkurses. Eine Überprüfung des langfristigen Wissenszuwachses (zum Beispiel zum Ende des Studiums) fand nicht statt. In weiteren Forschungsarbeiten wäre es somit interessant, den langfristigen Kompetenzzuwachs zu untersuchen.

Die Erstellung der Lehrmedien orientierte sich am gleichen Lernzielkatalog. Jedoch verfügten die Lehrmedien nicht über den vollständig identischen Inhalt, da das E-Learning beispielsweise mit Videos arbeitete. Es kann nicht mit Sicherheit die ausschließliche Verwendung des in der Studie eingesetzten Lehrmediums, und keines anderweitigen Lehrmediums, garantiert werden. Die Datensätze der Studierenden, die das vorgegebene Lehrmedium nicht nutzten, wurden jedoch von der Auswertung

ausgeschlossen. Ferner belief sich die Präkursphase auf eine Vorbereitungszeit von 2 bis 12 Tagen. In den Evaluationen wurde die Vorbereitungszeit allerdings erfasst und in der Auswertung berücksichtigt (siehe Abschnitt 4.2.5).

In der Kursevaluation durch die Studierenden zeigte sich eine signifikant unterschiedliche Bewertung der Kursorganisation. Die Kursorganisation und der Kursablauf waren identisch, der Ultraschallkurs der Kontrollgruppe war der erste Ultraschallkurs während der Covid-19-Pandemie. Im Sommersemester konnte von einem routinierterem Kursablauf sowie geübterem Umgang mit Abstandregelungen etc. ausgegangen werden. Dies kann als Erklärung für die bessere Bewertung angenommen werden.

Darüber hinaus spiegeln die Evaluationen die subjektiven Meinungen der Teilnehmer wider. Gleichwohl handelte es sich um eine große Stichprobe ($n=236$), die ebenfalls repräsentativ für andere Semester und Standorte sein könnte.

Die Bewertung der OSCE-Prüfungen erfolgte durch die Peer-Tutoren. Dies kann als Limitation angesehen werden, da trotz detaillierter Einweisung und Erhalt eines genauen Prüfungsleitfadens Bewertungsbias nicht vollständig auszuschließen sind.

In diesem Zusammenhang ist auch zu beachten, dass keine Kontrollgruppe existiert, die kein Lernmedium zur Vorbereitung erhielt. Zudem erfolgte die Randomisierung semesterbezogen und nicht innerhalb eines Semesters. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass die beiden Gruppen im Vorfeld unterschiedliche Ausbildungsinhalte erhielten.

Abschließend kann nicht garantiert werden, dass weitere persönliche Faktoren einen Einfluss auf die Studienergebnisse hatten, die in der Analyse nicht berücksichtigt wurden.

6 Zusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigte sich mit der Fragestellung, ob der Einsatz eines inhaltlich äquivalenten Skripts oder E-Learnings im Rahmen eines Flipped-Classroom-Ultraschallkurses an der Universitätsmedizin Mainz zu gleichwertigen Ergebnissen im subjektiven und objektiven Kompetenzerwerb führt. Darüber hinaus wurden die Akzeptanz des Ausbildungsmodells, die Bewertung der eingesetzten Lehrmedien Skript und E-Learning, deren Einfluss auf die Motivation der Studierenden, die Bewertung des Kurses durch Teilnehmer und Tutoren sowie deren Nutzungsverhalten und digitale Affinität untersucht.

Zusammenfassend zeigten die Studiendaten einen vergleichbaren subjektiven wie auch objektiven Erwerb von Ultraschallkompetenzen der Studierenden. Zentrale Untersuchungsmethoden waren Evaluationen, praktische OSCE-Prüfungen sowie theoretische Prüfungen zu mehreren Zeitpunkten.

Im Rahmen der DivAN-Studie ließ sich durch den Einsatz eines digitalen Lehrmediums eine Reihe von Vorteilen beobachten. Die Gruppe, die sich mithilfe des E-Learnings vorbereitete, war zu Präsenzkursbeginn der Skriptgruppe sowohl in den theoretischen als auch in den praktischen Kompetenzen überlegen. Unter Verwendung des Lehrmediums E-Learning konnte bei der Studiengruppe darüber hinaus zur Kursvor- und Kursnachbereitung eine höhere Motivation festgestellt werden. Die Lehrmedien Skript und E-Learning wurden jeweils mit einer guten bis sehr guten Gesamtnote bewertet. Das Blended-Learning-Konzept der Studiengruppe führte insgesamt zu einer besseren Bewertung des Kurskonzepts und der Verständlichkeit der Lernziele. Das Blended-Learning-Konzept beinhaltet eine digitale Vorbereitung zuhause und eine anschließende aktive Präsenzphase. Die digitale Affinität der Gruppen war vergleichbar, digitale Lehrmedien wurden sowohl privat als auch im Studium genutzt.

Unabhängig davon konnte durch das Flipped-Classroom-Konzept mit dem Lehrmedium Skript als auch dem E-Learning ein zufriedenstellender Kompetenzerwerb erzielt werden. Das Ausbildungsmodell im Sinne eines Flipped-Classroom-Konzepts bewährte sich in beiden Gruppen und wurde zufriedenstellend akzeptiert.

In Übereinstimmung mit anderen Studien bestätigte sich, dass ein Blended-Learning-Konzept unter Berücksichtigung aktueller moderner Lerntheorien und im Zeitalter der Digitalisierung in der Ultraschallausbildung sinnvoll eingesetzt werden kann (32, 43, 99-101).

Zukünftige Untersuchungen könnten sich auf die Frage des langfristigen Kompetenzerwerbs im Sinne eines longitudinalen Curriculums sowie die mögliche Einsparung von praktischen Ultraschallzeiten und eine verbesserte Nutzung von Präsenzzeiten konzentrieren.

Zusammenfassend kann diese Studie einen Beitrag zur evidenzbasierten Lehre, zur zunehmenden Digitalisierung und zur Etablierung neuer Lehrformen in der medizinischen Ultraschallausbildung leisten, die zukünftig stärker Berücksichtigung finden sollten.

7 Literaturverzeichnis

1. Statista GmbH. ITU. Schätzung zur Anzahl der Internetnutzer weltweit für die Jahre 2005 bis 2022 (in Millionen). Statista. [Internet]. Letzte Aktualisierung am 19.09.2022. Zitiert am: 06.06.2023; Available from: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/805920/umfrage/anzahl-der-internetnutzer-weltweit/2022>.
2. Statistisches Bundesamt. Statistisches Bundesamt. (2022). Anteil der privaten Haushalte in Deutschland mit Personal Computern von 2000 bis 2022. Statista. [Internet]. Veröffentlichung: 21.10.2022. Zitiert am: 06.06.2023; Available from: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/160925/umfrage/ausstattungsgrad-mit-personal-computer-in-deutschen-haushalten/>.
3. Ebner M, Schön S, Nagler W. Einführung. Das Themenfeld "Lernen und Lehren mit Technologien". 2013. In: L3T, Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien [Internet]. Frankfurt. Available from: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-opus-83287>.
4. Zawacki-Richter O. Geschichte des Fernunterrichts. Vom brieflichen Unterricht zum gemeinsamen Lernen im Web 2.0. 2013. In: L3T, Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien [Internet]. Frankfurt. Available from: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-opus-83321>.
5. Kuhn S, Frankenhauser S, Tolks D. Digital learning and teaching in medical education : Already there or still at the beginning? Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2018;61(2):201-9.
6. Dhir SK, Verma D, Batta M, Mishra D. E-Learning in Medical Education in India. Indian Pediatr. 2017;54(10):871-7.
7. Gross P, Shajek A, Stelter A, Tödt K, Winterhager N. Fächerunterschiede in der digitalen Hochschulbildung – eine Analyse auf Basis von Publikationsdaten. Digitalisierung in Studium und Lehre gemeinsam gestalten: Innovative Formate, Strategien und Netzwerke. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2021. p. 57-82.
8. Lane N, Lahham S, Joseph L, Bahner DP, Fox JC. Ultrasound in medical education: listening to the echoes of the past to shape a vision for the future. Eur J Trauma Emerg Surg. 2015;41(5):461-7.
9. 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.
10. Bahner DP, Goldman E, Way D, Royall NA, Liu YT. The state of ultrasound education in U.S. medical schools: results of a national survey. Acad Med. 2014;89(12):1681-6.
11. 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.
12. 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.

13. Beaulieu Y, Laprise R, Drolet P, Thivierge RL, Serri K, Albert M, et al. Bedside ultrasound training using web-based e-learning and simulation early in the curriculum of residents. *Crit Ultrasound J.* 2015;7:1.
14. Hempel D, Haunhorst S, Sinnathurai S, Seibel A, Recker F, Heringer F, et al. Social media to supplement point-of-care ultrasound courses: the "sandwich e-learning" approach. A randomized trial. *Crit Ultrasound J.* 2016;8(1):3.
15. Tarique U, Tang B, Singh M, Kulasegaram KM, Ailon J. Ultrasound Curricula in Undergraduate Medical Education: A Scoping Review. *J Ultrasound Med.* 2018;37(1):69-82.
16. 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.
17. Hoppmann RA, Mladenovic J, Melniker L, Badea R, Blaivas M, Montorfano M, et al. International consensus conference recommendations on ultrasound education for undergraduate medical students. *Ultrasound J.* 2022;14(1):31.
18. Recker F, Barth G, Lo H, Haverkamp N, Nürnberg D, Kravchenko D, et al. Students' Perspectives on Curricular Ultrasound Education at German Medical Schools. *Front Med (Lausanne).* 2021;8:758255.
19. 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.
20. Höhne E, Recker F, Dietrich CF, Schäfer VS. Assessment Methods in Medical Ultrasound Education. *Front Med (Lausanne).* 2022;9:871957.
21. Weimer MA, Kuon S, Müller L, Weinmann-Menke J, Strelow K-U, Horn L, et al. Haltung und Nutzung zu/von digitalen Lehrmedien und Fallbeispielen in der klinischen Sonographie-Ausbildung. *Ultraschall Med.* 2022;43(S 01):53.
22. Cantisani V, Dietrich CF, Badea R, Dudea S, Prosch H, Cerezo E, et al. EFSUMB Statement on Medical Student Education in Ultrasound [long version]. *Ultrasound Int Open.* 2016;2(1):E2-7.
23. 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.
24. Fodor D, Badea R, Poanta L, Dumitrascu DL, Buzoianu AD, Mircea PA. The use of ultrasonography in learning clinical examination - a pilot study involving third year medical students. *Med Ultrason.* 2012;14(3):177-81.
25. European Society of Radiology (ESR). Position statement and best practice recommendations on the imaging use of ultrasound from the European Society of Radiology ultrasound subcommittee. *Insights Imaging.* 2020;11(1):115.
26. Stoehr F, Müller L, Brady A, Trilla A, Mähringer-Kunz A, Hahn F, et al. How COVID-19 kick-started online learning in medical education-The DigiMed study. *PLoS One.* 2021;16(9):e0257394.
27. Jayara S. The advantages and disadvantages of online teaching in medical education. *Journal of Medical Evidence.* 2020;1(2):144-6.
28. Sangrà A, Vlachopoulos D, Cabrera N. Building an Inclusive Definition of E-Learning: An Approach to the Conceptual Framework. *International Review of Research in Open and Distributed Learning.* 2012;13(2):145-59.
29. Fischer H. Begriffliche Einordnung. In: Fischer H, editor. *E-Learning im Lehralltag: Analyse der Adoption von E-Learning-Innovationen in der Hochschullehre.* Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2013. p. 31-7.

30. Ruiz JG, Mintzer MJ, Leipzig RM. The impact of E-learning in medical education. *Acad Med.* 2006;81(3):207-12.
31. Lien WC, Lin P, Chang CH, Wu MC, Wu CY. The effect of e-learning on point-of-care ultrasound education in novices. *Med Educ Online.* 2023;28(1):2152522.
32. Chenkin J, Lee S, Huynh T, Bandiera G. Procedures can be learned on the Web: a randomized study of ultrasound-guided vascular access training. *Acad Emerg Med.* 2008;15(10):949-54.
33. Röhrig S, Hempel D, Stenger T, Armbruster W, Seibel A, Walcher F, et al. Which learning methods are expected for ultrasound training? Blended learning on trial. *Anaesthesist.* 2014;63(10):745-52.
34. Platz E, Goldflam K, Mennicke M, Parisini E, Christ M, Hohenstein C. Comparison of Web-versus classroom-based basic ultrasonographic and EFAST training in 2 European hospitals. *Ann Emerg Med.* 2010;56(6):660-7.
35. Burg G, French LE. The age of Gutenberg is over: a consideration of medical education--past, present and future. *Hautarzt.* 2012;63 Suppl 1:38-44.
36. Azzam A. As technology and generations in medical education change, what remains is the intersection between educator, learners, assessment and context. *Int Rev Psychiatry.* 2013;25(3):347-56.
37. Kameda T, Taniguchi N, Konno K, Koibuchi H, Omoto K, Itoh K. Ultrasonography in undergraduate medical education: a comprehensive review and the education program implemented at Jichi Medical University. *J Med Ultrason (2001).* 2022;49(2):217-30.
38. Prober CG, Khan S. Medical education reimaged: a call to action. *Acad Med.* 2013;88(10):1407-10.
39. Alzahrani HA, Shati AA, Bawahab MA, Alamri AA, Hassan B, Patel AA, et al. Students' perception of asynchronous versus synchronous distance learning during COVID-19 pandemic in a medical college, southwestern region of Saudi Arabia. *BMC Med Educ.* 2023;23(1):53.
40. Bishop JL, Verleger M. The flipped classroom: A survey of the research. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. 2013.
41. Tolks D, Schäfer C, Raupach T, Kruse L, Sarikas A, Gerhardt-Szép S, et al. An Introduction to the Inverted/Flipped Classroom Model in Education and Advanced Training in Medicine and in the Healthcare Professions. *GMS J Med Educ.* 2016;33(3):Doc46.
42. LoPresti CM, Schnobrich DJ, Dversdal RK, Schembri F. A road map for point-of-care ultrasound training in internal medicine residency. *Ultrasound J.* 2019;11(1):10.
43. Hempel D, Sinnathurai S, Haunhorst S, Seibel A, Michels G, Heringer F, et al. Influence of case-based e-learning on students' performance in point-of-care ultrasound courses: a randomized trial. *Eur J Emerg Med.* 2016;23(4):298-304.
44. Ferri F, Grifoni P, Guzzo T. Online Learning and Emergency Remote Teaching: Opportunities and Challenges in Emergency Situations. *Societies.* 2020;10(4):86.
45. Janoschka O, Rampelt F, Friedrich J-D, Rademacher M. Die Digitalisierung in Studium und Lehre gemeinsam gestalten: Perspektiven aus dem Hochschulforum Digitalisierung. *Digitalisierung in Studium und Lehre gemeinsam gestalten: Innovative Formate, Strategien und Netzwerke.* 2021:3-8.
46. Binks AP, LeClair RJ, Willey JM, Brenner JM, Pickering JD, Moore JS, et al. Changing Medical Education, Overnight: The Curricular Response to COVID-19 of Nine Medical Schools. *Teach Learn Med.* 2021;33(3):334-42.
47. Naciri A, Radid M, Kharbach A, Chemsî G. E-learning in health professions education during the COVID-19 pandemic: a systematic review. *J Educ Eval Health Prof.* 2021;18:27.

48. Cranfield DJ, Tick A, Venter IM, Blignaut RJ, Renaud K. Higher Education Students' Perceptions of Online Learning during COVID-19—A Comparative Study. *Education Sciences*. 2021;11(8):403.
49. Weimer JM. Die Etablierung und der Vergleich verschiedener Ultraschallkursformate an der Universitätsmedizin Mainz [Dissertation]. Mainz 2021.
50. Cantarero-Villanueva I, Fernández-Lao C, Galiano-Castillo N, Castro-Martín E, Díaz-Rodríguez L, Arroyo-Morales M. Evaluation of e-learning as an adjunctive method for the acquisition of skills in bony landmark palpation and muscular ultrasound examination in the lumbopelvic region: a controlled study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2012;35(9):727-34.
51. Arroyo-Morales M, Cantarero-Villanueva I, Fernández-Lao C, Guirao-Piñeyro M, Castro-Martín E, Díaz-Rodríguez L. A blended learning approach to palpation and ultrasound imaging skills through supplementation of traditional classroom teaching with an e-learning package. *Man Ther*. 2012;17(5):474-8.
52. Nilsson PM, Todsén T, Subhi Y, Graumann O, Nolsøe CP, Tolsgaard MG. Cost-Effectiveness of Mobile App-Guided Training in Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (eFAST): A Randomized Trial. *Ultraschall Med*. 2017;38(6):642-7.
53. Bailer B, Recker F, Matuschek E. Basiswissen POCUS : Point-of-Care-Ultraschall lernen und sinnvoll einsetzen. Stuttgart 2019 [cited bailer2019basiswissen. Available from: <https://eref.thieme.de/ebooks/2456287>].
54. Foss KT, Subhi Y, Aagaard R, Bessmann EL, Bøtker MT, Graumann O, et al. Developing an emergency ultrasound app - a collaborative project between clinicians from different universities. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2015;23:47.
55. Todsén T, Tolsgaard MG, Olsen BH, Henriksen BM, Hillingsø JG, Konge L, et al. Reliable and Valid Assessment of Point-of-care Ultrasonography. *Annals of Surgery*. 2015;261(2):309-15.
56. Østergaard ML, Nielsen KR, Albrecht-Beste E, Konge L, Nielsen MB. Development of a reliable simulation-based test for diagnostic abdominal ultrasound with a pass/fail standard usable for mastery learning. *Eur Radiol*. 2018;28(1):51-7.
57. Teichgräber UK, Meyer JM, Poulsen Nautrup C, von Rautenfeld DB. Ultrasound anatomy: a practical teaching system in human gross anatomy. *Med Educ*. 1996;30(4):296-8.
58. 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.
59. Wicke W, Brugger PC, Firbas W. Teaching ultrasound of the abdomen and the pelvic organs in the medicine curriculum in Vienna. *Med Educ*. 2003;37(5):476.
60. Brown B, Adhikari S, Marx J, Lander L, Todd GL. Introduction of ultrasound into gross anatomy curriculum: perceptions of medical students. *J Emerg Med*. 2012;43(6):1098-102.
61. Mircea PA, Badea R, Fodor D, Buzoianu AD. Using ultrasonography as a teaching support tool in undergraduate medical education - time to reach a decision. *Med Ultrason*. 2012;14(3):211-6.
62. 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.
63. MFT Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e. V. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM) [Internet]. Verabschiedet auf der Mitgliederversammlung des 76. Ordentlichen Medizinischen

- Fakultätentages am 04.06.2015 in Kiel; Redaktionelle Änderungen durch die NKLM-Geschäftsstelle; Redaktionsschluss 01.07.2015; [Internet]. Zitiert am: 05.06.2023; Available from: https://medizinische-fakultaeten.de/wp-content/uploads/2021/06/nklm_final_2015-12-04.pdf2015.
64. Blechschmidt V, Recker F. Representation of sonographic learning objectives in the NKLM 2.0. *Ultraschall Med.* 2022;43(S 01):30.
 65. Prosch H, Radzina M, Dietrich CF, Nielsen MB, Baumann S, Ewertsen C, et al. Ultrasound Curricula of Student Education in Europe: Summary of the Experience. *Ultrasound Int Open.* 2020;6(1):E25-e33.
 66. Wolf R, Geuthel N, Gnatzy F, Rotzoll D. Undergraduate ultrasound education at German-speaking medical faculties: a survey. *GMS J Med Educ.* 2019;36(4):Doc34.
 67. Dickerson J, Paul K, Vila P, Whitarar R. The role for peer-assisted ultrasound teaching in medical school. *Clin Teach.* 2017;14(3):170-4.
 68. 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(02):141-5.
 69. 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.
 70. 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.
 71. Knobe M, Münker R, Sellei RM, Holschen M, Mooij SC, Schmidt-Rohlfing B, et al. Peer teaching: a randomised controlled trial using student-teachers to teach musculoskeletal ultrasound. *Med Educ.* 2010;44(2):148-55.
 72. Kollwe T, Sennekamp M, Ochsendorf F. *Medizindidaktik: Erfolgreich lehren und Wissen vermitteln.* 1st ed. 2018 ed. Berlin, Heidelberg: Springer; 2018.
 73. van der Vleuten CPM, Driessen EW. What would happen to education if we take education evidence seriously? *Perspect Med Educ.* 2014;3(3):222-32.
 74. ÄApprO. ÄApprO (2002) Approbationsordnung für Ärzte vom 27. Juni 2002 (BGBl. I S. 2405), Zuletzt geändert durch Art. 2 V v. 22.9.2021 I 4335. 27.06.2002.
 75. Wittke A, Ebner M, Kröll C. Von der Kreidetafel zum Tablet. Eine technische Übersicht - In: Ebner, Martin [Hrsg.]; Schön, Sandra [Hrsg.]: *L3T. Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien.* 2. Auflage. 2013, [11] S. - URN: urn:nbn:de:0111-opus-83297 - DOI: 10.25656/01:8329. Frankfurt2013.
 76. Upadhyaya Kafle S, Singh M, Kafle N, Sinha A, Guragain P, Rimal HS. Introducing Clinical Pathology Course to Fourth Year Medical Students as a Bridge between Pre-clinical and Clinical Medical Sciences. *Kathmandu Univ Med J (KUMJ).* 2022;20(77):97-101.
 77. Altaf R, Kling M, Hough A, Baig J, Ball A, Goldstein J, et al. The Association Between Distance Learning, Stress Level, and Perceived Quality of Education in Medical Students After Transitioning to a Fully Online Platform. *Cureus.* 2022;14(4):e24071.
 78. Bos N, Groeneveld C, Bruggen J, Brand-Gruwel S. The use of recorded lectures in education and the impact on lecture attendance and exam performance. *British Journal of Educational Technology.* 2015.
 79. Nayak L, Erinjeri JP. Audience response systems in medical student education benefit learners and presenters. *Acad Radiol.* 2008;15(3):383-9.
 80. Mains TE, Joseph Cofrancesco J, Milner SM, Shah NG, Goldberg H. Do questions help? The impact of audience response systems on medical student

- learning: a randomised controlled trial. *Postgraduate Medical Journal*. 2015;91(1077):361-7.
81. Bech-Petersen S, Freyberg L, Wolf S. Smart Libraries: Konzepte, Methoden und Strategien. Wiesbaden2019 [cited bechpetersen2019smart. Available from: <https://d-nb.info/1196723133/04>].
82. Widulle W. Handlungsorientiert Lernen im Studium : Arbeitsbuch für soziale und pädagogische Berufe. 1st ed. 2009 ed. Wiesbaden2009.
83. Copeland HL, Longworth DL, Hewson MG, Stoller JK. Successful lecturing: a prospective study to validate attributes of the effective medical lecture. *J Gen Intern Med*. 2000;15(6):366-71.
84. Loewenhardt C, Herzig T. Lernen in simulierten Lernumgebungen in den Gesundheitsfachberufen. In: Darmann-Finck I, Sahmel K-H, editors. *Pädagogik im Gesundheitswesen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2020. p. 1-18.
85. Cleland JA, Abe K, Rethans JJ. The use of simulated patients in medical education: AMEE Guide No 42. *Med Teach*. 2009;31(6):477-86.
86. Lewis KO, Cidon MJ, Seto TL, Chen H, Mahan JD. Leveraging e-learning in medical education. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*. 2014;44(6):150-63.
87. Sefton AJ. New approaches to medical education: an international perspective. *Med Princ Pract*. 2004;13(5):239-48.
88. Sekretariat der Kultusministerkonferenz. Strategie der Kultusministerkonferenz, „Bildung in der digitalen Welt“ [Internet]. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017. Zitiert am: 05.06.2023; Available from: https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit>Weiterbildung.pdf2016.
89. Deutschland SdSKdKdLidB. Empfehlungen zur Digitalisierung in der Hochschullehre, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 14.03.2019 [Internet]. Zitiert am: 04.06.2023; Available from: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2019/BS_190314_Empfehlungen_Digitalisierung_Hochschullehre.pdf2019.
90. Deutscher Ärzteverlag GmbH. Viel Lob für die Förderung der Krankenhaus-IT durch Bund und Länder [Internet] vom 20.01.2021. Zitiert am: 04.06.2023; Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/120311/Viel-Lob-fuer-die-Foerderung-der-Krankenhaus-IT-durch-Bund-und-Laender2021>.
91. Persike M, Friedrich J-D. Lernen mit digitalen Medien aus Studierendenperspektive. Arbeitspapier Nr. 17. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung.2016.
92. Gilch H, Beise A, Krempkow R, Müller M, Stratmann F, Wannemacher K. Digitalisierung der Hochschulen: Ergebnisse einer Schwerpunktstudie für die Expertenkommission Forschung und Innovation, Studien zum deutschen Innovationssystem, No. 14-2019, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin2019.
93. Harandi SR. Effects of e-learning on Students' Motivation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2015;181:423-30.
94. Henderson M, Selwyn N, Aston R. What works and why? Student perceptions of 'useful' digital technology in university teaching and learning. *Studies in Higher Education*. 2015;42:1-13.
95. Pinto A, Brunese L, Pinto F, Acampora C, Romano L. E-learning and education in radiology. *Eur J Radiol*. 2011;78(3):368-71.
96. Arkorful V. The role of e-learning, advantages and disadvantages of its adoption in higher education. 2014;2:396.

97. Abdou D, Jasimuddin SM. The Use of the UTAUT Model in the Adoption of E-Learning Technologies: An Empirical Study in France Based Banks. *J Glob Inf Manage.* 2020;28(4):38–51.
98. Lin M-H, Chen H-C, Liu K-S. A study of the effects of digital learning on learning motivation and learning outcome. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education.* 2017;13(7):3553-64.
99. Fuchs L, Gilad D, Mizrakli Y, Sadeh R, Galante O, Kobal S. Self-learning of point-of-care cardiac ultrasound - Can medical students teach themselves? *PLoS One.* 2018;13(9):e0204087.
100. Haskins SC, Feldman D, Fields KG, Kirksey MA, Lien CA, Luu TH, et al. Teaching a Point-of-Care Ultrasound Curriculum to Anesthesiology Trainees With Traditional Didactic Lectures or an Online E-Learning Platform: A Pilot Study. *J Educ Perioper Med.* 2018;20(3):E624.
101. Soon AW, Toney AG, Stidham T, Kendall J, Roosevelt G. Teaching Point-of-Care Lung Ultrasound to Novice Pediatric Learners: Web-Based E-Learning Versus Traditional Classroom Didactic. *Pediatr Emerg Care.* 2020;36(7):317-21.
102. O'Doherty D, Dromey M, Loughheed J, Hannigan A, Last J, McGrath D. Barriers and solutions to online learning in medical education - an integrative review. *BMC Med Educ.* 2018;18(1):130.
103. Niebuhr V, Niebuhr B, Trumble J, Urbani MJ. Online faculty development for creating E-learning materials. *Educ Health (Abingdon).* 2014;27(3):255-61.
104. Bediang G, Stoll B, Geissbuhler A, Klohn AM, Stuckelberger A, Nko'o S, et al. Computer literacy and E-learning perception in Cameroon: the case of Yaounde Faculty of Medicine and Biomedical Sciences. *BMC Med Educ.* 2013;13:57.
105. Attardi SM, Rogers KA. Design and implementation of an online systemic human anatomy course with laboratory. *Anat Sci Educ.* 2015;8(1):53-62.
106. Bury R, Martin L, Roberts S. Achieving change through mutual development: supported online learning and the evolving roles of health and information professionals. *Health Info Libr J.* 2006;23 Suppl 1:22-31.
107. Skye EP, Wimsatt LA, Master-Hunter TA, Locke AB. Developing online learning modules in a family medicine residency. *Fam Med.* 2011;43(3):185-92.
108. Dyrbye L, Cumyn A, Day H, Heflin M. A qualitative study of physicians' experiences with online learning in a masters degree program: benefits, challenges, and proposed solutions. *Med Teach.* 2009;31(2):e40-6.
109. Maloney S, Haas R, Keating JL, Molloy E, Jolly B, Sims J, et al. Breakeven, cost benefit, cost effectiveness, and willingness to pay for web-based versus face-to-face education delivery for health professionals. *J Med Internet Res.* 2012;14(2):e47.
110. Fontaine G, Cossette S, Maheu-Cadotte MA, Mailhot T, Deschênes MF, Mathieu-Dupuis G, et al. Efficacy of adaptive e-learning for health professionals and students: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2019;9(8):e025252.
111. Georg Thieme Verlag KG. Thieme eRef, Thieme Gruppe © 2014 - 2023 [Internet]. Zitiert am: 05.06.2023; Available from: <https://eref.thieme.de/favorites/playlist>.
112. Boeker M, Klar R. E-learning in the education and training of physicians. Methods, results, evaluation. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2006;49(5):405-11.
113. Mahan JD, Clinchot D. Why medical education is being (inexorably) re-imagined and re-designed. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care.* 2014;44(6):137-40.
114. Hollinderbäumer A, Hartz T, Uckert F. Education 2.0 -- how has social media and Web 2.0 been integrated into medical education? A systematical literature review. *GMS Z Med Ausbild.* 2013;30(1):Doc14.

115. Sostmann K, Henning J, Ehlers J. Human- und Tiermedizin. Technologieeinsatz im Gesundheitswesen. 2013. In: L3T, Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien [Internet]. Frankfurt. Available from: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-opus-83818>.
116. Abbad MMM. Using the UTAUT model to understand students' usage of e-learning systems in developing countries. *Educ Inf Technol (Dordr)*. 2021;26(6):7205-24.
117. Harris A, Janz B. Information Systems and Healthcare XVI: Physician Adoption of Electronic Medical Records: Applying the UTAUT Model in a Healthcare Context. *Communications of the Association for Information Systems*. 2007;19.
118. Daud Mahande R, Daud Malago J. An E-learning Acceptance Evaluation Through UTAUT Model in a Postgraduate Program. *Journal of Educators Online*. 2019;16:1-10.
119. Venkatesh V, Morris MG, Davis GB, Davis FD. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*. 2003;27(3):425-78.
120. Deimann M. Hochschulbildung und Digitalisierung – Entwicklungslinien und Trends für die 2020er-Jahre. *Digitalisierung in Studium und Lehre gemeinsam gestalten: Innovative Formate, Strategien und Netzwerke*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2021. p. 25-41.
121. Guo PJ, Kim J, Rubin R. How video production affects student engagement: an empirical study of MOOC videos. *Proceedings of the first ACM conference on Learning @ scale conference*; Atlanta, Georgia, USA: Association for Computing Machinery; 2014. p. 41–50.
122. Gupta SK, Sengupta N. Webinar as the Future Educational Tool in Higher Education of India: A Survey-Based Study. *Technology, Knowledge and Learning*. 2021;26(4):1111-30.
123. Schneider A-T, Albers P, Müller-Mattheis V. E-Learning in Urology: Implementation of the Learning and Teaching Platform CASUS® - Do Virtual Patients Lead to Improved Learning Outcomes? A Randomized Study among Students. *Urologia Internationalis*. 2015;94(4):412-8.
124. Hege I, Ropp V, Adler M, Radon K, Mäscher G, Lyon H, et al. Experiences with different integration strategies of case-based e-learning. *Med Teach*. 2007;29(8):791-7.
125. Fischer MR, Schauer S, Gräsel C, Baehring T, Mandl H, Gärtner R, et al. CASUS model trial. A computer-assisted author system for problem-oriented learning in medicine. *Z Arztl Fortbild (Jena)*. 1996;90(5):385-9.
126. Edelbring S, Broström O, Henriksson P, Vassiliou D, Spaak J, Dahlgren LO, et al. Integrating virtual patients into courses: follow-up seminars and perceived benefit. *Med Educ*. 2012;46(4):417-25.
127. Weimer AM, Berthold R, Schamberger C, Vieth T, Balsler G, Berthold S, et al. Digital Transformation in Musculoskeletal Ultrasound: Acceptability of Blended Learning. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(20).
128. Yoo MC, Villegas L, Jones DB. Basic ultrasound curriculum for medical students: validation of content and phantom. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2004;14(6):374-9.
129. Lewiss RE, Hoffmann B, Beaulieu Y, Phelan MB. Point-of-care ultrasound education: the increasing role of simulation and multimedia resources. *J Ultrasound Med*. 2014;33(1):27-32.
130. Freundt P, Nourkami-Tutdibi N, Tutdibi E, Janzing P, von Ostrowski T, Langer M, et al. Controlled Prospective Study on the Use of Systematic Simulator-Based

- Training with a Virtual, Moving Fetus for Learning Second-Trimester Scan: FESIM III. *Ultraschall Med.* 2023(EFirst).
131. Nayahangan LJ, Dietrich CF, Nielsen MB. Simulation-based training in ultrasound - where are we now? *Ultraschall Med.* 2021;42(3):240-4.
132. Stringer MD, Duncan LJ, Samalia L. Using real-time ultrasound to teach living anatomy: an alternative model for large classes. *N Z Med J.* 2012;125(1361):37-45.
133. Hofer M, Kamper L, Miese F, Kröpil 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(01):68-75.
134. GE HealthCare. GE: General Electric company. scan coach [Internet]. Zitiert am: 06.06.2023; Available from: <https://www.versanaclub.net/emea/scancoach#main>.
135. Scanbooster UG. Welcome to Scanbooster, the world's first realistic Ultrasound Simulator App, Scanbooster UG [Internet]. Zitiert am: 06.06.2023; Available from: <https://www.scanbooster.com/>.
136. Dietrich CF, Rudd L, Saftiou A, Gilja OH. The EFSUMB website, a great source for ultrasound information and education. *Med Ultrason.* 2017;19(1):102-10.
137. European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB). European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB), Webinars Archive [Internet]. Zitiert am: 06.06.2023; Available from: <https://efsumb.org/webinars-archive/2024>.
138. Blank V, Strobel D, Karlas T. Digital Training Formats in Ultrasound Diagnostics for physicians: What options are available and how can they be successfully integrated into current DEGUM certified course concepts? *Ultraschall Med.* 2022;43(05):428-34.
139. Amann-Vesti B. Sonografie kompetent : von der Indikation zur Interpretation. Seitz K, Braun B, editors. Stuttgart 2016.
140. AEN GbR. AEN das Ultraschall-Konzept, Lehrbücher, [Internet]. Zitiert am: 06.06.2023; Available from: <https://www.aen-sono.de/de/das-buch2023>.
141. SonoABCD-Verlag bei UEC & Partners MEG. SonoABCD Poster Bildatlas Notfallsonographie [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://www.sonoabcd-verlag.org/c/poster-bildatlas-notfallsonographie2023>.
142. Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin DeV. DEGUM Dokumentationsempfehlungen [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://www.degum.de/fachgebiete/sektionen/paediatrie/informationen-zum-fach/dokumentationsempfehlungen.html2023>.
143. SonoABCD-Verlag bei UEC & Partners MEG. SonoABCD Pocket Cards: Sonoskopie - Point-of-Care Ultraschall [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://www.sonoabcd-verlag.org/c/pocket-cards-sonoskopie-point-of-care-ultraschall2023>.
144. MedizinWissen2go DJG. MedizinWissen2go, QuizApp für Sonografie, [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://medizinwissen2go.de/produkt/quizapp-fuer-sonografie/2023>.
145. Lüthi L, Jeker L, Woermann U, Hari R, Hofer M. E-Learning: Basics of Sonography. Development of a Nationwide Entry-Level Module for Ultrasound Training in Switzerland. *Praxis (Bern 1994).* 2020;109(8):572-6.
146. Tamborrini G, Krebs A, Michel M, Michel BA, Ciurea A. Web-based learning in musculoskeletal ultrasound. *Z Rheumatol.* 2011;70(2):154-9.
147. Krüger R, Weinmann-Menke J, Buggenhang H, Kurz S, Bellhäuser H, Weimer A, et al. Blended Learning improves FoCUS cardiac ultrasound training for undergraduates-a prospective, controlled, randomized single-center study. *Ultraschall Med.* 2023;44(S 01):[235].

148. Albertinen-Krankenhaus Hamburg KfIM. Internistischer Sonographie Atlas 2020, Version 4.0 - April 2016, Letztes Update: 04.08.2017 [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://sonographiebilder.de/sonographie-atlas2016>.
149. Merkel D, Schneider C, Ludwig M. Internet-based digital video atlas of sonographic findings for clinical and educational purposes. J Ultrason. 2020;20(80):e24-e8.
150. Ultraschallabteilung der Medizinischen Klinik 1 des Universitätsklinikums Erlangen. Sonographie Atlas Erlangen [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://sonographie.org/2023>.
151. European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB). ATLAS Home- EFSUMB [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://efsumb.org/portfolio-item/atlas-home2023>.
152. Dietrich CF, Rudd L. The EFSUMB website, a guide for better understanding. Med Ultrason. 2013;15(3):215-23.
153. Lang M. Mannheim- Ludwigshafener Ultraschall Kolloquium, Fall des Monats- Ultraschallkasuistiken [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://www.ultraschallkolloquium.de/fall-des-monats/2018>.
154. Sonokurs der Justus-Liebig-Universität Gießen, Hart T, Knörr F, Ginsberg J, Schneider J, Haller F. Sonokurs Gießen @SonokursGieen, Sonokurs der Justus-Liebig-Universität [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://www.youtube.com/@SonokursGieen/about2023>.
155. AG Sonographie Charité. AG Sonographie Charité, agsonographiecharite470; Zitiert am 07.06.2023; Available from: <https://www.youtube.com/@agsonographiecharite470/about2023>.
156. AMBOSS GmbH. Amboss, Sonografie-Videos und Standardschnitte [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://next.amboss.com/de/article/Cq0q0h2023>.
157. Forner A. Bildung, Arbeit und Leben im Wandel der Generationen. In: Forner A, editor. Bildungsmanagement für die Wirtschaft: Qualifizierung und Fachkräfteentwicklung an der Schwelle zu neuen Arbeitswelten. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2022. p. 335-62.
158. Kommission der Europäischen Gemeinschaften. Mitteilung der Kommission. Einen europäischen Raum des lebenslangen Lernens schaffen. Brüssel, den 21.11.2001. [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2001:0678:FIN:DE:PDF2001>.
159. Landesärztekammer Rheinland-Pfalz. Fortbildungssatzung der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz verabschiedet in der 11. Sitzung der 11. Vertreterversammlung vom 08.11.2006 - in Kraft getreten am 01.03.07, i. d. F. der 4. Änderung der 9. Sitzung der 13. Vertreterversammlung vom 23.09.15 - in Kraft getreten am 01.01.16 [Internet]. Zitiert am: 07.06.2023; Available from: <http://www.laek-rlp.de/aerzteservice/fortbildung/2016>.
160. Epstein RM. Assessment in medical education. N Engl J Med. 2007;356(4):387-96.
161. Harden RM, Stevenson M, Downie WW, Wilson GM. Assessment of clinical competence using objective structured examination. Br Med J. 1975;1(5955):447-51.
162. 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.
163. Onwudiegwu U. OSCE: Design, Development and Deployment. J West Afr Coll Surg. 2018;8(1):1-22.

164. Tolsgaard MG, Todsén T, Sørensen JL, Ringsted C, Lorentzen T, Ottesen B, et al. International multispecialty consensus on how to evaluate ultrasound competence: a Delphi consensus survey. *PLoS One*. 2013;8(2):e57687.
165. Reed S, Shell R, Kassis K, Tartaglia K, Wallihan R, Smith K, et al. Applying adult learning practices in medical education. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*. 2014;44(6):170-81.
166. Puthiaparampil T, Rahman MM. Very short answer questions: a viable alternative to multiple choice questions. *BMC Med Educ*. 2020;20(1):141.
167. Austin Z, Gregory PA, Chiu S. Use of reflection-in-action and self-assessment to promote critical thinking among pharmacy students. *Am J Pharm Educ*. 2008;72(3):48.
168. Evans AW, McKenna C, Oliver M. Self-assessment in medical practice. *J R Soc Med*. 2002;95(10):511-3.
169. Ellaway R, Masters K. AMEE Guide 32: e-Learning in medical education Part 1: Learning, teaching and assessment. *Med Teach*. 2008;30(5):455-73.
170. Michel LP, Goertz L, Radomski S, Fritsch T, Baschour L. Digitales Prüfen und Bewerten im Hochschulbereich. Im Auftrag der Themengruppe „Innovationen in Lern- und Prüfungsszenarien“ koordiniert vom CHE im Hochschulforum Digitalisierung: Geschäftsstelle Hochschulforum Digitalisierung beim Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.; 2015.
171. 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.
172. Majumder AA, D'Souza U, Rahman S. Trends in medical education: challenges and directions for need-based reforms of medical training in South-East Asia. *Indian J Med Sci*. 2004;58(9):369-80.
173. Masic I. E-learning as new method of medical education. *Acta Inform Med*. 2008;16(2):102-17.
174. Brynhildsen J, Dahle LO, Behrbohm Fallsberg M, Rundquist I, Hammar M. Attitudes among students and teachers on vertical integration between clinical medicine and basic science within a problem-based undergraduate medical curriculum. *Med Teach*. 2002;24(3):286-8.
175. Elledge R. Current thinking in medical education research: an overview. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2018;56(5):380-3.
176. Friedlander MJ, Andrews L, Armstrong EG, Aschenbrenner C, Kass JS, Ogden P, et al. What can medical education learn from the neurobiology of learning? *Acad Med*. 2011;86(4):415-20.
177. Larsen DP, Butler AC, Roediger HL, 3rd. Comparative effects of test-enhanced learning and self-explanation on long-term retention. *Med Educ*. 2013;47(7):674-82.
178. Mahan JD, Stein DS. Teaching adults-best practices that leverage the emerging understanding of the neurobiology of learning. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*. 2014;44(6):141-9.
179. Vallée A, Blacher J, Cariou A, Sorbets E. Blended Learning Compared to Traditional Learning in Medical Education: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Med Internet Res*. 2020;22(8):e16504.
180. Graham C, CJ B. *Handbook of Blended Learning : Global Perspectives, Local Designs*. New York: Center for Creative Leadership; 2005. 2006;1:3-21.
181. Hrastinski S. What Do We Mean by Blended Learning? *TechTrends*. 2019;63(5):564-9.
182. Pereira JA, Pleguezuelos E, Merí A, Molina-Ros A, Molina-Tomás MC, Masdeu C. Effectiveness of using blended learning strategies for teaching and learning human anatomy. *Med Educ*. 2007;41(2):189-95.

183. Lage M, Platt G, Treglia M. Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *Journal of Economic Education*. 2000;31:30-43.
184. Baepler P, Walker JD, Driessen M. It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms. *Computers & Education*. 2014;78:227-36.
185. Missildine K, Fountain R, Summers L, Gosselin K. Flipping the classroom to improve student performance and satisfaction. *Journal of Nursing Education*. 2013;52(10):597-9.
186. Giesbers B, Rienties B, Tempelaar D, Gijssels W. A dynamic analysis of the interplay between asynchronous and synchronous communication in online learning: The impact of motivation. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2014;30(1):30-50.
187. Rovai A, Ponton M, Wighting M, Baker J. A Comparative Analysis of Student Motivation in Traditional Classroom and E-Learning Courses. *International Journal on E-Learning*. 2007;6(3):413-32.
188. 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. *Crit Ultrasound J*. 2014;6(1):10.
189. Weimer JM, Widmer N, Strelow KU, Hopf P, Buggenhagen H, Dirks K, et al. Long-Term Effectiveness and Sustainability of Integrating Peer-Assisted Ultrasound Courses into Medical School-A Prospective Study. *Tomography*. 2023;9(4):1315-28.
190. Hari R, Kälin K, Harris M, Walter R, Serra A. Comparing Blended Learning with Faculty-Led Ultrasound Training: Protocol for a Randomised Controlled Trial (The SIGNATURE Trial). *Praxis (Bern 1994)*. 2020;109(8):636-40.
191. Platz E, Liteplo A, Hurwitz S, Hwang J. Are live instructors replaceable? Computer vs. classroom lectures for EFAST training. *J Emerg Med*. 2011;40(5):534-8.
192. Cuca C, Scheiermann P, Hempel D, Via G, Seibel A, Barth M, et al. Assessment of a new e-learning system on thorax, trachea, and lung ultrasound. *Emerg Med Int*. 2013;2013:145361.
193. Kim KJ, Kim G. Development of e-learning in medical education: 10 years' experience of Korean medical schools. *Korean J Med Educ*. 2019;31(3):205-14.
194. 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.
195. Schiestl L, Ille C, Müller L, Büchner H, Strelow K-U, Buggenhange H, et al. Evaluation of a structured training concept for sonography peer-tutors. 2023;44.
196. Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin DeV. Grundkurs Abdomen und Retroperitoneum (einschl. Nieren), Thorax (ohne Herz) [Internet]. Zitiert am: 13.03.2024; Available from: <https://www.degum.de/fachgebiete/sektionen/innere-medizin/kurscurriculum/grundkurse.html>.
197. SonoForKlinik. SonoForKlinik, Die digitale Welt der Sonographie [Internet]. Zitiert am 23.03.2024; Available from: <https://sonoforklinik-digital.de/#/welcome>.
198. Reyna J. The importance of visual design and aesthetics in e-learning. *Training & Development Magazine*. 2013;Vol 40.
199. Bobek E, Tversky B. Creating visual explanations improves learning. *Cogn Res Princ Implic*. 2016;1(1):27.
200. Zander S, Heidig S. Motivationsdesign bei der Konzeption multimedialer Lernumgebungen. 2019. p. 1-23.
201. 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.

202. 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.
203. Müller D, Strobel D. Practical Ultrasound Skills in Medical School. *Praxis (Bern 1994).* 2018;107(23):1261-5.
204. Störmann S, Stankiewicz M, Raes P, Berchtold C, Kosanke Y, Illes G, et al. How well do final year undergraduate medical students master practical clinical skills? *GMS J Med Educ.* 2016;33(4):Doc58.
205. Inayah AT, Anwer LA, Shareef MA, Nurhussen A, Alkabbani HM, Alzahrani AA, et al. Objectivity in subjectivity: do students' self and peer assessments correlate with examiners' subjective and objective assessment in clinical skills? A prospective study. *BMJ Open.* 2017;7(5):e012289.
206. Jahan F, Sadaf S, Bhanji S, Naeem N, Qureshi R. Clinical skills assessment: comparison of student and examiner assessment in an objective structured clinical examination. *Educ Health (Abingdon).* 2011;24(2):421.
207. Ziehfrend S, Reifenrath J, Wijnen-Meijer M, Welzel J, Sauter F, Wecker H, et al. Considering medical students' perception, concerns and needs for e-exam during COVID-19: a promising approach to improve subject specific e-exams. *Med Educ Online.* 2022;27(1):2114131.
208. Schmidt J, Bach C. Zukunft medizinischer Kongresse. „Die Pandemie ist ein Katalysator, um digitaler zu werden“. *gynäkologie + geburtshilfe.* 2021;26(5):70-1.
209. Haag H, Kubiak D. Hochschulen in der Pandemie. Die Digitalisierung der Lehre in Zeiten von COVID-19. Organisationen in Zeiten der Digitalisierung: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH; 2022. p. 301-20.
210. Handke J. Handbuch Hochschullehre digital : Leitfaden für eine moderne und mediengerechte Lehre. Baden-Baden2020 [cited handke2020handbuch. Available from: <https://doi.org/10.5771/9783828875302>.
211. Huß B, Dölle F. Bedeutung, Nutzung und Zugang zu Lehrbüchern an Hochschulen. Zentrale Ergebnisse der Befragungsstudie für das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2021.
212. Czeskleba A, Erwes T, Salimi N. Digitalisierung in der Medizin. *GMS Medizin-Bibliothek-Information,* 2022. 2022;Vol 22, (Issue 1,):p1.

Anhang

Anlage 1:

Anlage 2: Evaluation E1

Fragebogen T1 (Prälehrmedium)

Fragebogen T1

Wochenendkurs: 1 2 3 4

1 Persönliche Daten

- Bitte geben Sie Ihre Matrikelnummer nochmals an: _____
- Alter: __ Jahre
- Bitte geben Sie ihr Geschlecht an: m w d

2 Persönliche Vorerfahrungen und Fertigkeiten

- Haben Sie eine Vorausbildung/Studium im medizinischen Bereich? Ja Nein

Wenn ja, welche(s): _____

- Haben Sie eine Vorausbildung/Studium im nicht-medizinischen Bereich? Ja Nein

Wenn ja, welche(s): _____

- Wie würden Sie Ihre Leistungsfähigkeit im Hinblick auf nachfolgende Bereiche einschätzen

	sehr niedrig						sehr hoch
visuelle Wahrnehmung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
räumliche Wahrnehmung / Orientierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umsetzung räumlicher Wahrnehmung in aufgabenbezogene Bewegungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Topographisch anatomische Kenntnisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

© cand. med. L. Horn Sono For Klinik 1

Fragebogen T1 (Prälehrmedium)

- Haben Sie Vorerfahrungen in der Interpretation von Schnittbildern (CT, MRT)? Ja Nein

Wenn ja, wie haben Sie diese erlangt:

Nicht-universitäre Kurse Universitäre Kurse Eigenstudium

Wenn ja, in welchem zeitlichen Umfang

- <10 Unterrichtsstunden
 10-20 Unterrichtsstunden
 > 20 Unterrichtsstunden

3 Ultraschallvorerfahrung

- Haben Sie schon mal einen Ultraschallkurs besucht? Ja Nein

Wenn ja, in welchem zeitlichen Umfang fand dieser Kurs statt?

- <10 Unterrichtsstunden
 10-20 Unterrichtsstunden
 > 20 Unterrichtsstunden

- Haben Sie schon einmal Ultraschalluntersuchungen mitverfolgt/gesehen? Ja Nein

Wenn ja, wie viele?

- <10 Untersuchungen
 10-20 Untersuchungen
 > 20 Untersuchungen

- Haben Sie selbst schon mal eine Ultraschalluntersuchung durchgeführt? Ja Nein

Wenn ja, wie viele?

- <5 eigenständige Untersuchungen
 5- 10 eigenständige Untersuchungen
 10-15 eigenständige Untersuchungen
 > 15 eigenständige Untersuchungen

© cand. med. L. Horn Sono For Klinik 2

Fragebogen T1 (Prälehrmedium)

- Kompetenzen vor Erhalt der Lehrmaterialien und des Kurses:

Ich verfüge über die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten in Bezug auf...	voll und ganz	überhaupt nicht
11.1 das Fachwissen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.2 zur Gerätebedienung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.3 zur Schallkopf-Handling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.4 der räumlichen Orientierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.5 der Sono-anatomische Zuordnung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.6 der Organarstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.7 der Organbeurteilung und Durchmusterung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.8 der Patientenführung während der Untersuchung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4 Nutzungsverhalten Lehrmedien

- Nutzen Sie digitale Medien für Ihr Studium? Ja Nein

Wenn ja, in welchem durchschnittlichen Umfang pro Woche?

- <10 Stunden pro Woche
 10-20 Stunden pro Woche
 > 20 Stunden pro Woche

- Nutzen Sie digitale Medien für private Zwecke? Ja Nein

Wenn ja, in welchem durchschnittlichen Umfang pro Woche?

- <10 Stunden pro Woche
 10-20 Stunden pro Woche
 > 20 Stunden pro Woche

- Haben Sie schon einmal digitale Ultraschallehrmedien benutzt? Ja Nein

Wenn ja, in welchem zeitlichen Umfang?

- <10 Stunden
 10-20 Stunden
 > 20 Stunden

© cand. med. L. Horn Sono For Klinik 3

Fragebogen T1 (Prälehrmedium)

In welcher Form waren diese Lehrmedien?

- eBooks
 interaktive eLearning-Plattform

Name des Buches /Plattform: _____

- Haben Sie schon einmal Bücher zum Thema Ultraschall benutzt? Ja Nein

Wenn ja, in welchem zeitlichen Umfang?

- <10 Stunden
 10-20 Stunden
 > 20 Stunden

Name des Buches: _____

	voll und ganz	überhaupt nicht
16. Mit dem Angebot digitaler Lehrangebot vor der aktuellen Covid19-Pandemie an der Johannes Gutenberg-Universität war ich zufrieden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Mit dem Angebot digitaler Lehrangebot während der aktuellen Covid19-Pandemie an der Johannes Gutenberg-Universität bin ich zufrieden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Für die Zukunft würde ich mir einen weiteren Ausbau des Angebotes digitaler Lehrmedien wünschen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Auf einer Skala 1-7 (1 = reines konventionelles Lernen mit Büchern, 7 = reines eLearning) liegt für mich das optimale Verhältnis bei?

© cand. med. L. Horn Sono For Klinik 4

Fragebogen T1 (Prälehrmedium)

5 Motivation zur Kursvorbereitung

20. Haben Form, Aussehen und Gestaltung eines Lehrmediums Einfluss auf Ihre Motivation für eine universitäre Veranstaltung?

voll und ganz	überhaupt nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

21. Welche Art Lehrmedium motiviert sie am ehesten für den Besuch einer universitären Veranstaltung?

- Ein gutes Lehrbuch
 - Ein gutes eLearning-Angebot
 - Beides
 - Keines
- Ggf. anderes Medium: _____

22. Wie würden Sie ihre Motivation in Bezug auf den Ultraschallkurs bewerten.

voll und ganz motiviert	überhaupt nicht motiviert
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fragebogen T1 (Prälehrmedium)

6 Persönliche Lernziele für die Vorbereitung auf den Kurs

Durch die Vorbereitung auf den Kurs erhoffe ich mir:

	voll und ganz	überhaupt nicht
23. Einen Zugewinn an Kenntnissen zur Technik des Ultraschalls	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Einen Zugewinn an Kenntnissen zur Ultraschallanatomie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Einen Zugewinn an Kenntnissen zur standardisierten Durchführung einer Ultraschalluntersuchung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Einen Zugewinn an Kenntnissen zur Einschätzung pathologischer Ultraschallerkenntnisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

27. Weitere Punkte, die ich mir erhoffe (Freitext):

7 Persönliche Lernziele für den Kurs

Durch den Kurs erhoffe ich mir:

	voll und ganz	überhaupt nicht
28. Einen Zugewinn an theoretischen Kenntnissen zum Ultraschall	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Einen Zugewinn an praktischen Ultraschallfertigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Mehr Sicherheit in der Interpretation von Ultraschallbildern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

31. Eigenes Lernziel aufschreiben:

Vielen Dank für eure Unterstützung!

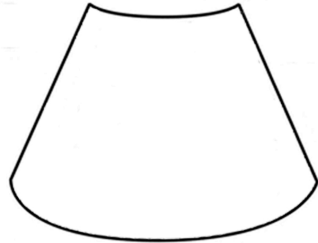
Anlage 3:

Anlage 4: Warm-Up-Quiz WQ1



Modul 1+2

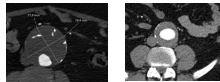
1. Zeichne bitte die **Standardebene Truncus coeliacus transversal** und beschrifte alle Strukturen.



2. Welche zwei **Formen** kann ein echtes **Aneurysma** annehmen? (je 0,5 P)

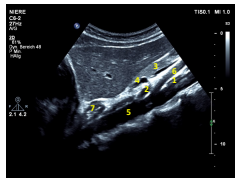
I: II:

Welche zwei **Lumenlagen** können **Aneurysmen** aufweisen?



Lumenlagen:

3. **Beschrifte** bitte das **Ultraschallbild** (je 1 P). Gib außerdem an welche **Normwerte** man für die Messung supra- und infrarenal erwarten würde. (je 1 P)



1
2
3
4
5
6
7
<u>Normwerte</u>
suprarenal:
infrarenal:

4. Nenne bitte 4 **sonografisch nachweisbare Zeichen einer Rechtsherzinsuffizienz!** (je 1 P)

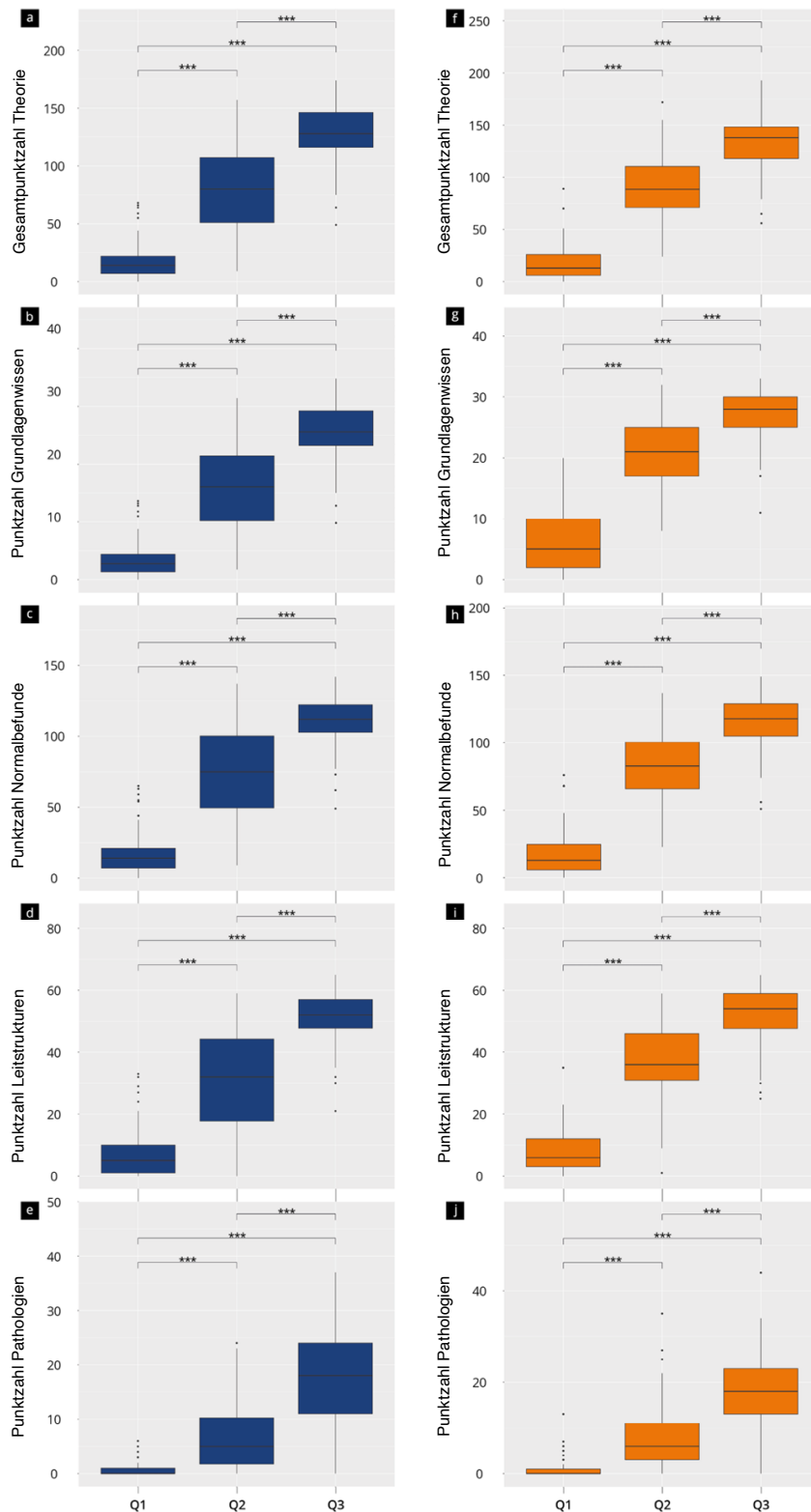
1: 2:
3: 4:

	sonoforklinik students
1. Korrekte Ebene	/10
2. 2 Formen (je 0,5 P)	/1
2 Lumenlagen (je 0,5 P)	/1
3. Korrekte Beschriftung (je 1 P)	/7
Normwerte (je 1 P)	/2
4. 4 Zeichen Rechtsherzinsuffizienz (0,5 P)	/4
	/25

Anlage 5: Tabelle der subjektiven Kompetenzeinschätzung der Studierenden in den Evaluationen E1, E2 und E3. KG = Kontrollgruppe und SG = Studiengruppe

Items	E1			E2			E3		
	KG analog	SG digital	p-Wert	KG analog	SG digital	p-Wert	KG analog	SG digital	p-Wert
	Ausgangswert			Delta (E1->E2)			Delta (E2-> E3)		
Fachwissen Likert-Skala mit 1 = voll und ganz; 7 = überhaupt nicht	MW (SD)	MW (SD)		MW (SD)	MW (SD)		MW (SD)	MW (SD)	
	4.69 (1.45)	4.74 (1.65)	0.69	0.74 (1.51)	0.96 (1.95)	0.45	1.37 (1.39)	1.07 (1.36)	0.22
Gerätebedienung	6.19 (1.13)	6.14 (1.16)	0.56	1.07 (1.78)	1.07 (1.74)	0.80	2.85 (1.69)	2.59 (1.63)	0.29
Schallkopf-Handling	5.67 (1.48)	5.93 (1.43)	0.10	1.10 (1.97)	1.11 (1.96)	0.77	2.51 (1.83)	2.61 (1.66)	0.57
Räumliche Orientierung	4.65 (1.35)	4.86 (1.52)	0.20	0.72 (1.42)	0.84 (1.73)	0.49	1.46 (1.53)	1.54 (1.67)	0.73
Sono-anatomische Zuordnung	5.31 (1.23)	5.35 (1.37)	0.63	0.95 (1.57)	1.28 (1.87)	0.09	1.95 (1.57)	1.65 (1.77)	0.13
Organdarstellung	5.46 (1.31)	5.64 (1.43)	0.17	1.03 (1.65)	1.21 (1.74)	0.30	2.03 (1.69)	2.13 (1.75)	0.89
Organbeurteilung und Durchmusterung	5.98 (1.19)	5.93 (1.43)	0.89	1.08 (1.64)	1.22 (1.72)	0.38	2.26 (1.61)	2.21 (1.77)	0.82
Patientenführung während der Untersuchung	5.57 (1.47)	5.42 (1.68)	0.71	0.91 (1.71)	1.16 (1.99)	0.27	2.57 (1.69)	1.97 (1.83)	0.01

Anlage 6: Boxplot-Darstellung der Prüfungsergebnisse der theoretischen Tests Q1-Q3. Die Abbildung präsentiert die Ergebnisse der zu drei verschiedenen Zeitpunkten durchgeführten theoretischen Tests. Betrachtet werden die Gesamtpunktzahl (a+f), das Grundlagenwissen (b+g), die Normalbefunde (c+h), die Leitstrukturen (d+i) und die Pathologien (e+j) der Studiengruppe (orange) und Kontrollgruppe (blau). *** impliziert einen p-Wert <0.001.



Anlage 7: Die Tabelle stellt die Auswirkungen der Vorbereitungszeit auf theoretische und praktische Prüfungsergebnisse dar.

	Kontrollgruppe analog	Studiengruppe digital	p-Wert
Zeitlicher Umfang < 10 Stunden (n)	63	57	
Theorie MW (SD)	49.0 (27.9)	60.8 (24.9)	0.02
Praxis MW (SD)	39.4 (17.4)	47.2 (10.9)	<0.01
Zeitlicher Umfang 10-20 Stunden (n)	34	59	
Theorie MW (SD)	82.9 (23.8)	81.5 (26.4)	0.81
Praxis MW (SD)	43.6 (15.3)	55.8 (14.7)	<0.01
Zeitlicher Umfang > 20 Stunden (n)	8	17	
Theorie MW (SD)	87.0 (22.0)	86.0 (23.1)	1.0
Praxis MW (SD)	36.0 (11.5)	58.4 (13,6)	0.02

Danksagung

Tabellarischer Lebenslauf

