

**Die Implementierung des
Peer-Assisted Learning (PAL) in die unfallchirurgische Lehre am Beispiel
des muskuloskelettalen Ultraschalls (MSUS)**

Von der Medizinischen Fakultät
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Medizin genehmigte
Dissertation

vorgelegt von

Malte Holschen

aus Osterholz-Scharmbeck

Berichter: Herr Universitätsprofessor Dr. med. Hans-Christoph Pape
Herr Privatdozent Dr. med. Uwe Maus

Tag der mündlichen Prüfung: 28.02.2011

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Hochschulbibliothek online
verfügbar

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	III
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
1. EINLEITUNG	1
1.1 Peer-Assisted Learning	2
1.2 Das OSCE-Prüfungskonzept.....	2
1.3 Muskuloskelettaler Ultraschall des Schultergelenkes.....	3
1.3.1 Diagnostische Möglichkeiten und Grenzen des MSUS des Schultergelenkes	4
1.3.2 Stellenwert des MSUS des Schultergelenkes	5
2. ZIELSETZUNG.....	6
3. MATERIAL UND METHODEN	7
3.1 Studienteilnehmer	7
3.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien sowie Abbruchkriterien.....	7
3.1.2 Gruppen.....	7
3.1.3 Dozenten.....	8
3.1.4 Ethische Genehmigung.....	9
3.2 Dozententraining.....	9
3.2.1 Vorbereitungsmaterial.....	9
3.3 Studentenausbildung.....	9
3.3.1 Unterrichtsinhalte	10
3.3.2 Ultraschallgeräte.....	10
3.4 Evaluation der quantitativ-objektiven Parameter	10
3.4.1 Prüfungsinhalte.....	11
3.4.2 Prüfungsmaterial und Bewertungskriterien	11
3.4.3 Prüfer.....	12
3.5 Evaluation der qualitativ-subjektiven Parameter	12

3.6	Hard- und Software sowie statistische Analysen	13
4.	ERGEBNISSE.....	14
4.1	Quantitativ-objektive Parameter	14
4.1.1	Gruppenvergleich der Humanmedizinstudenten.....	14
4.1.2	Nachprüfungsergebnisse im Gruppenvergleich	21
4.1.3	Gruppenvergleich der Maschinenbaustudenten	26
4.1.4	Vergleich von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten.....	26
4.1.5	Geschlechtsspezifische Unterschiede	31
4.1.6	Korrelationen zwischen quantitativ-objektiven Parametern	32
4.2	Qualitativ-subjektive Parameter	33
4.2.1	Evaluation der Humanmedizinstudenten	33
4.2.2	Evaluation der Maschinenbaustudenten	37
4.2.3	Vergleich der Evaluation von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten.....	40
4.2.4	Geschlechtsspezifische Unterschiede der Evaluation	43
4.2.5	Selbsteinschätzungen von Ärzten und Peer-Tutoren	44
4.2.6	Korrelationen zwischen quantitativ-objektiven und qualitativ subjektiven Daten	45
5.	DISKUSSION.....	46
5.1	Lehrforschung auf dem Gebiet des MSUS.....	46
5.2	Erhebung quantitativ-objektiver Parameter	47
5.2.1	Theoretische Wissensabfrage.....	47
5.2.2	Praktische Wissensabfrage	47
5.2.3	Praktische Prüfungsmethoden dieser Studie	48
5.3	Erhebung qualitativ-subjektiver Parameter.....	49
5.4	Quantitativ-objektive Parameter	49
5.4.1	Ergebnisse der Humanmedizinstudenten	49
5.4.2	Nachprüfungsergebnisse	52
5.4.3	Ergebnisse der Maschinenbaustudenten	53
5.4.4	Vergleich von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten.....	54
5.4.5	Geschlechtsspezifische Unterschiede der Prüfungsergebnisse	55
5.4.6	Korrelationen zwischen den Prüfungsergebnissen	56
5.5	Qualitativ-subjektive Parameter	57
5.5.1	Evaluation der Humanmedizinstudenten	57
5.5.2	Evaluation der Maschinenbaustudenten	59
5.5.3	Vergleich der Evaluation von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten.....	60
5.5.4	Geschlechtsspezifische Unterschiede der Evaluation	61
5.5.5	Selbsteinschätzungen von Ärzten und Peer-Tutoren	61
5.5.6	Korrelationen zwischen quantitativ-objektiven und qualitativ-subjektiven Parametern	62

5.6	Limitationen	62
5.7	Abschließende Beurteilung der Ergebnisse	63
6.	ZUSAMMENFASSUNG.....	65
7.	LITERATURVERZEICHNIS.....	67
	ANHANG	73
	DANKSAGUNG.....	77

Abkürzungsverzeichnis

PAL: Peer-Assisted Learning

OSCE: Objective-Structured-Clinical-Examination

MSUS: Muskuloskelettaler Ultraschall

SUS: Muskuloskelettaler Ultraschall des Schultergelenkes

d: Doktorengruppe

s: Studentengruppe

s+: Gruppe der Peer-Tutoren

hm: Humanmedizinstudenten

mb: Maschinenbaustudenten

PT: Peer-Tutoren

MC: Multiple-Choice Prüfung

DEGUM: Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin

EULAR: European League against Rheumatism

RWTH: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule

1. Einleitung

Sonografische Untersuchungen des Bewegungsapparats sind seit Beginn der Ultraschalldiagnostik in der Medizin auch in der Unfallchirurgie und Orthopädie fester Bestandteil der apparativen Diagnostik **54**.

Da für einen optimalen Behandlungserfolg eine präzise und schnelle Diagnosestellung unerlässlich ist, sollten Assistenzärzte frühzeitig in der Lage sein, Erkrankungen mit sonografischer Hilfe zu diagnostizieren. Häufig verfügen Ärzte zu Beginn der Facharztausbildung jedoch nur über rudimentäre Kenntnisse der Ultraschalldiagnostik. Die Folge ist ein Qualitätsverlust in der Patientenversorgung sowie ein aus vermeidbaren Zusatzuntersuchungen resultierender Kostenanstieg.

Eine frühe Einführung sonografischer Techniken ist durchaus sinnvoll, obwohl der Hauptteil der Ausbildung im Bereich der späteren Facharztausbildung liegen sollte **59**. Studenten werden auf diesem Wege Grundlagen vermittelt, auf die sie in späteren Subspezialitäten aufbauen können **4**. Das Erlernen sonografischer Fähigkeiten steigert das anatomische Wissen, was sich positiv auf die weiterführende medizinische Ausbildung und die Qualität der Patientenversorgung auswirkt **3, 4, 13, 64**.

Anhand dieser Studie sollte ermittelt werden, inwieweit Studenten Aufgaben des ärztlichen Lehrpersonals in der praktischen Ausbildung des muskuloskelettalen Ultraschalls übernehmen können. Zu diesem Zweck wurden Studenten der Unfallchirurgischen Klinik der RWTH Aachen neben ärztlichen Dozenten von pädagogisch unerfahrenen Studenten unterrichtet. Diese Studenten hatten sich zuvor weitestgehend selbstständig auf ihre Lehrtätigkeit vorbereitet.

Die Lehre von Studenten für Studenten wird als Peer-Assisted Learning (PAL) bezeichnet. Positive Ergebnisse im Zusammenhang mit diesem Lehrkonzept wurden bereits nachgewiesen **2, 12, 16, 17, 45**. Durch das PAL können die ressourcenlimitierten medizinischen Fakultäten in der Lehre entlastet werden **16**. Dadurch kann eine Ausweitung des praktischen Unterrichtes und eine Verkleinerung der Arbeitsgruppen bei intensiver Tutorienbetreuung ermöglicht werden.

Um den dozentenabhängigen Lernerfolg der Studenten dieser Studie zu objektivieren, wurde neben einer schriftlichen Multiple-Choice Prüfung (MC) eine praxisbezogene Objective-Structured-Clinical-Examination (OSCE) durchgeführt. Ob eine anatomische Vorbildung für das Erlernen des MSUS von Bedeutung ist, wurde anhand der Integration von Maschinenbaustudenten der RWTH Aachen untersucht.

Nachfolgend werden die Begriffe PAL und OSCE näher erläutert. Außerdem erfolgt eine kurze Darstellung des MSUS des Schultergelenkes.

1.1 Peer-Assisted Learning

Der englische Begriff „Peer“ bedeutet übersetzt „Ebenbürtiger“. Diejenigen, die beim PAL das Wissen vermitteln, sind keine ärztlichen Dozenten, sondern Peer-Tutoren (PT) meist fortgeschrittenen oder, wie auch im Fall dieser Studie, gleichen Ausbildungsstands. Bislang haben sich nur wenige Studien mit der Wissensvermittlung klinisch-praktischer Fertigkeiten durch PT auseinandergesetzt **16, 62**.

Sind Lehrkräfte nicht hierarchisch höhergestellt, so verringert sich die kognitive Distanz zwischen Lehrkraft und Lernendem und komplizierte Inhalte können verständlicher vermittelt werden **16**. Dieser Sachverhalt wird als kognitive Kongruenz bezeichnet und führt dazu, dass Studenten das PAL für effektiv und selbstbewusstseinsfördernd halten **17**.

Jeder Student kann nach entsprechender Vorbereitung zu einem Tutor werden **16**. Andere Autoren postulierten, dass die Vorbereitung der PT sowohl didaktisch als auch inhaltlich auf einem hohen Niveau erfolgen müsse, da nur auf diesem Wege klinische Fertigkeiten adäquat vermittelt werden können **2, 45**.

Im Gegensatz dazu waren die PT dieser Studie überwiegend selbst für ihre Vorbereitung auf die Lehrtätigkeit verantwortlich und erhielten lediglich eine 30-minütige professionelle Schulung. Durch die selbstständige Vorbereitung der PT wird entstanden keine zusätzlichen Belastungen des ärztlichen Lehrpersonals durch unterrichtsvorbereitende Maßnahmen.

Studenten, die sich an der Lehre aktiv beteiligen, profitieren von ihrer Lehrtätigkeit, weil sie eigene Kenntnisse, Selbstbewusstsein, Kommunikations- und Vortragsfähigkeiten und Führungskompetenzen weiterentwickeln können **12, 16, 17**. Studenten, die sich nicht ausschließlich für den eigenen Bedarf weiterbilden, sondern ihr Wissen auch für die Ausbildung von Kommilitonen nutzen, verfügen über eine erhöhte Lernmotivation **16, 17**. Das PAL bereitet Studenten auf ihre späteren Lehraufgaben als Arzt vor und ermöglicht es ihnen sich frühzeitig in die Lage ärztlicher Dozenten hineinzu-denken **16, 17**. Daher ist es von Bedeutung Studenten frühzeitig in den Lehrprozess zu integrieren **2, 45**.

1.2 Das OSCE-Prüfungskonzept

OSCE-Prüfungen eignen sich am besten, um klinische, technische und praktische Fähigkeiten zu testen und haben sich als eine valide und reliable Prüfungsmethode erwiesen **15, 43**. Durch diese Prüfungsform werden klinische Fertigkeiten und praktische Kompetenzen simultan überprüft **41**.

Damit die Prüfer möglichst objektiv Theorie und Praxis bewerten können, müssen standardisierte Modelle und einheitliche Vorgaben für die Bewertung gegeben sein **33**. OSCE-Prüfungen sind arbeitsintensiv, anspruchsvoll, kostenaufwendig und erfordern eine genaue Planung und Organisation **43**. Nachteile ausschließlich kognitiver Prüfungsformen werden durch OSCE-Prüfungen, die zusätzlich praktische Fertigkeiten testen, ausgeglichen **9**.

Klassischerweise läuft eine OSCE-Prüfung wie folgt ab: Die Prüflinge rotieren von Station zu Station, wo sie jeweils einen Prüfer und eine Aufgabe vorfinden. Diese klinischen Aufgaben können theoretischer und praktischer Natur sein. Beispiele für die Aufgaben wären die EKG-Befundung, die klinische Untersuchung und die Anamnese von standardisierten Patienten, aber auch vorwiegend praktische Aufgaben wie das Legen einer Braunüle oder eines Blasenkatheters. Die Prüfer bewerten die Studenten mithilfe vordefinierter Bewertungsbögen, wodurch auch nicht-ärztliche Prüfer die Studenten bewerten können. Punkte werden vergeben, wenn eine Schlüsselaktion korrekt ausgeführt oder eine korrekte Schlüsselantwort gegeben wird. Die Gesamteffizienz können die Prüfer mithilfe von vordefinierten Skalen bewerten **14**.

Für die Evaluation der Lehre ist das OSCE-Konzept geeignet, um Schwachstellen gezielt und schnell aufzudecken, wodurch die Qualität der Lehre gesteigert werden kann **15**.

1.3 Muskuloskelettaler Ultraschall des Schultergelenkes

Der muskuloskelettale Ultraschall ist ein leicht durchzuführendes, jederzeit wiederholbares und unbelastendes bildgebendes Verfahren. Aufgrund der ausgezeichneten Beurteilungsmöglichkeiten periartikulärer Strukturen gehört der MSUS zum diagnostischen Algorithmus der Schulteruntersuchung **39**. In der Rheumatologie besitzt der MSUS einen hohen Stellenwert zur Akut- und Verlaufsdagnostik der rheumatoiden Arthritis **10, 48**.

Die verschiedenen pathologischen Prozesse (entzündlich, degenerativ und traumatisch) können gezielt dargestellt und das gesamte Gelenk mittels definierter Schnittebenen standardisiert, seitenvergleichend und dynamisch untersucht werden. Aufgrund seiner hohen Aussagekraft und der schnellen Verfügbarkeit ist der MSUS eine wichtige Untersuchungsmethode in der unfallchirurgischen Akut- und Verlaufsdagnostik **27, 54**.

Die sonografische Untersuchung des Schultergelenks erfolgt nach den Richtlinien der „Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin“ (DEGUM) in 6 Standardschnittebenen mit Hilfe eines Linearschallkopfs mit einer Schallfrequenz zwischen 5 und 13,5 MHz **39**. Anhand dieser Standardschnittebenen kann das gesamte Schultergelenk flächendeckend und reproduzierbar untersucht werden **39**.

Jeweils zwei dieser Schnittebenen stehen als longitudinale und transversale Ebene nahezu senkrecht aufeinander. Bezogen auf die Längsachse der Skapula gibt es drei Regionen mit jeweils zwei Schnittebenen **39, 40**. Diese Regionen werden als dorsal, superior-lateral und ventral bezeichnet **28, 39, 40**.

Unter der Vorkenntnis des Standardschnittbildes einer gesunden Schulter entsteht die Möglichkeit, pathologische Veränderungen zu diagnostizieren. Durch die Rotation des gestreckten oder gebeugten Oberarms lässt sich das gesamte Schultergelenk untersuchen. Wird die Schulter maximal innenrotiert, können von den Standardschnittebenen ausgehend weitere Strukturen beurteilt werden.

1.3.1 Diagnostische Möglichkeiten und Grenzen des MSUS des Schultergelenkes

Die wesentlichen Indikationen der sonografischen Untersuchung der Schulter sind intraartikuläre Volumenzunahmen, Weichteilschäden, frische und alte Verletzungen der Rotatorenmanschette und Frakturen **27**.

Aufgrund des unterschiedlichen Echogenitätsverhaltens der verschiedenen Gewebeformen, die im Bereich des Schultergelenkes vorzufinden sind, lassen sich diese voneinander unterscheiden und spezifisch beurteilen. Für den geübten Untersucher ist es möglich, unter Vorkenntnis der Standardschnittebenen der gesunden Schulter, pathologische Prozesse abzugrenzen. Diese Prozesse können von einer einfachen Veränderung wie der Tendinosis Calcarea bis hin zur Instabilität, der Schulterluxation oder einem Tumor reichen **36**. Weiterhin kann der MSUS genutzt werden, um gezielte Gelenkpunktionen zu ermöglichen und um Osteosynthesematerial vor dessen Entfernung zu lokalisieren **27**.

Knöcherne Strukturen können aufgrund der sehr geringen Eindringtiefe nur an der Oberfläche beurteilt werden. Beispiele für darstellbare knöcherne Befunde an der Schulter sind die Omarthrose mit den zugehörigen Osteophyten, Usuren, Destruktionen sowie die Hill-Sachs-Läsion und gelenknahe Humerusfrakturen wie okkulte Tuberkulumfrakturen **27, 28**.

Der intraossäre Bereich ist sonografisch nicht erfassbar, weswegen bei Fragestellungen, die sich auf den Knochen beziehen, Röntgenuntersuchungen in zwei Ebenen und weiterführende radiologische Verfahren unersetzlich sind **27, 51, 54**.

Weichteil- und Knochenstrukturen sind für den rheumatologischen MSUS von großem Interesse. Sonografisch lassen sich periartikuläre und intraartikuläre rheumatische Gelenkveränderungen nachweisen und gezielte Gelenkinjektionen durchführen. Ultraschallgesteuerte Injektionen zur Behandlung der Bursitis subacromialis sind der blinden Injektion überlegen **18**. Zusätzlich kann die Entzündungsreaktion dopplersonografisch

beurteilt werden **5**.

Aufgrund anatomischer und physikalischer Bedingungen können das Glenohumeralgelenk und der Subakromialraum nur eingeschränkt sonografisch beurteilt werden **27**. Die sonografische Diagnostik von kleineren Defekten der Rotatorenmanschette, SLAP-Läsionen der langen Bizepssehne und weiteren Labrumpathologien ist dem MRT unterlegen und hängt stark von den Fähigkeiten des Untersuchers ab **6, 36, 54**.

1.3.2 Stellenwert des MSUS des Schultergelenkes

Die Lebenszeitprävalenz von Schulterbeschwerden liegt mit 66% ähnlich hoch wie die von Nackenbeschwerden. Auch aus diesem Grunde hat die diagnostische Nutzung des Ultraschalls in den vergangenen Jahren immer weiter zugenommen **6**. Als Konsequenz wird der Stellenwert des MSUS in den Leitlinien der „Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie“ (DGOOC) als hoch beziffert **39, 40, 61**.

Der MSUS hat sich in der Basisdiagnostik von sowohl chronischen als auch akuten Schulterbeschwerden bewährt und stellt eine ideale Ergänzung zur klinischen Untersuchung und zur Röntgendiagnostik dar. Sie ist wenig aufwendig und vom Therapeuten selbst durchführbar **61**. Der MSUS ist sowohl zur präoperativen Bestandsaufnahme als auch zur postoperativen Verlaufskontrolle anwendbar **36**. Aufgrund der fehlenden Strahlenbelastung eignet sie sich auch besonders zur Untersuchung und Verlaufskontrolle der kindlichen Schulter **27**. Der Nutzen des MSUS ist für Orthopäden und Traumatologen gut belegt und zeichnet sich durch seine nahezu unbegrenzte Verfügbarkeit aus **36, 54**.

Die Treffsicherheit bei Komplettrupturen der Rotatorenmanschette beträgt bis zu 90% und ist damit dem MRT bei Komplettrupturen gleichwertig **36, 54**. Im Gegensatz zur Magnetresonanztomografie ist eine Ultraschalluntersuchung wesentlich kostengünstiger, schneller verfügbar und portabel **30**. Die zunehmende Miniaturisierung der Sonografiesysteme könnte möglicherweise den diagnostischen Ultraschall zum „Stethoskop der Zukunft“ avancieren lassen **23**.

In der Rheumatologie ist der MSUS des Schultergelenkes von großer Bedeutung, da rheumatische Veränderungen des Schultergelenkes effektiv festgestellt werden können **11, 48**.

2.Zielsetzung

Generell soll diese Studie zeigen, ob das PAL effektiv für die Vermittlung praktischer Basisfertigkeiten des MSUS geeignet ist.

Um die Effektivität des PAL zu objektivieren, wurden die Studenten dieser Studie entweder von minimal instruierten PT oder als Kontrollgruppe konventionell von Ärzten, die ihrerseits weiterbildende Kurse auf dem Gebiet des MSUS absolviert hatten, unterrichtet. Durch den Vergleich der Studentengruppen soll herausgefunden werden, inwieweit PT im Vergleich zu lehrerfahrenen Ärzten in der Lage sind, praktische Inhalte des MSUS weiterzugeben.

Dieser Vergleich erfolgt quantitativ-objektiv durch OSCE-Prüfung und MC-Klausur und qualitativ-subjektiv durch Evaluationsbögen, welche direkt nach den Lehreinheiten zu beantworten sind. Mögliche Zusammenhänge zwischen quantitativen und qualitativen Daten sollen anhand von Korrelationsanalysen ermittelt werden.

Auch die Fragen, ob PT selbst von ihrem Unterricht profitieren, und wie die Studenten PT im Vergleich zu ärztlichen Dozenten akzeptieren und ihre Lehrkompetenzen bewerten, sollen anhand der Erhebungen dieser Studie beantwortet werden.

Um zu evaluieren, wie anatomisch unerfahrene Studenten Basisfertigkeiten des MSUS von Ärzten und PT erwerben, nahmen neben Medizinstudenten auch Maschinenbaustudenten an der Studie teil.

Durch den Einschluss von Maschinenbaustudenten in diese Studie sollte außerdem ermittelt werden, ob anatomisches Grundwissen eine Voraussetzung für das Erlernen solcher Tätigkeiten ist. Dadurch ließen sich Aussagen darüber treffen, wann der frühestmögliche Zeitpunkt für die Integration des MSUS in das Studium ist.

3.Material und Methoden

3.1 Studienteilnehmer

Insgesamt wurden für die Studie 194 Studenten via Email und durch Aushänge rekrutiert. Diese Gesamtzahl verteilte sich auf drei Gruppen, die nacheinander, jeweils um ein Semester versetzt, die Studie durchliefen. Die einzelnen Studientermine waren im Sommersemester 2007, im Wintersemester 2007/2008 und im Sommersemester 2008.

Studienrelevante Daten über die Teilnehmer wurden mit Hilfe eines Eingangsfragebogens erhoben. Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 19 und 41 Jahren ($MW=23,6\pm2,0$; $w=109$, $m=85$).

156 Studenten der Humanmedizin (hm) zwischen dem 6. und dem 12. Semester ($MW=7,1\pm1,3$; $w=104$, $m=52$), und weitere 38 Maschinenbaustudenten (mb) zwischen dem 2. und dem 20. Semester ($MW=7,5\pm4,3$; $w=5$, $m=33$) wurden in die Studie eingebunden.

Alle beteiligten Studenten waren freiwillige Teilnehmer des Wahlfachs Sportmedizin der Unfallchirurgischen Klinik der RWTH Aachen.

Durchschnittlich 11,4 Monate nach der ersten Prüfung unterzogen sich 43 Studenten nochmals einer identischen Prüfung, um die Haltbarkeit des Wissens nachvollziehen zu lassen.

3.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien sowie Abbruchkriterien

Als Teilnehmer wurden entweder Humanmedizinstudenten oder Maschinenbaustudenten in die Studie eingeschlossen. Studenten mit Erfahrungen auf dem Gebiet des MSUS wurden von der Studie ausgeschlossen. Die freiwilligen Peer-Tutoren, die dem oben beschriebenen Teilnehmerkreis entstammten, durften ebenfalls keine Vorkenntnisse über den muskuloskelettalen Ultraschall besitzen.

3.1.2 Gruppen

Die Teilnehmer wurden für den Unterricht computergestützt randomisiert in unterschiedliche Gruppen eingeteilt. Die einzelnen Gruppen waren mit maximal zwölf Studenten versehen. Es gab an allen drei Studienterminen jeweils drei Doktorengruppen, welche jeweils von einem schultersonografisch erfahrenen Arzt unterrichtet

wurden und drei Studentengruppen, von denen jeweils eine von einem PT unterrichtet wurde. Die PT hatten sich zunächst weitgehend im Selbststudium mit Büchern und elektronischen Medien theoretisch vorbereitet und wurde anschließend kurz von einem Arzt in die praktische Durchführung des MSUS der Schulter unter Verwendung eines Modells und eines Sonografiegerätes eingewiesen. Jeder Gruppe standen zwei Sonografiegeräte zur praktischen Übung zur Verfügung.

Die Doktorengruppe (d) setzte sich aus insgesamt 95 Studenten zwischen 21 und 30 Jahren ($MW=23,47\pm1,95$; $w=48$, $m=47$, $hm=75$, $mb=20$) zusammen, während die Studentengruppe (s) aus 90 Studenten zwischen 19 und 30 Jahren ($MW=23,61\pm2,13$; $w=56$, $m=34$, $hm=72$, $mb=18$) bestand, welche von neun PT (s+) zwischen 22 und 27 Jahren ($MW=24,11\pm2,26$; $w=5$, $m=4$) unterrichtet wurde.

Die drei ärztlichen Dozenten übernahmen den Unterricht für alle drei Studientermine, während für jeden einzelnen Studientermin drei unerfahrene und freiwillige PT per Losentscheid aus dem Teilnehmerfeld ausgewählt wurden.

Abbildung 1 zeigt eine Gruppenübersicht für den Kurs des MSUS.

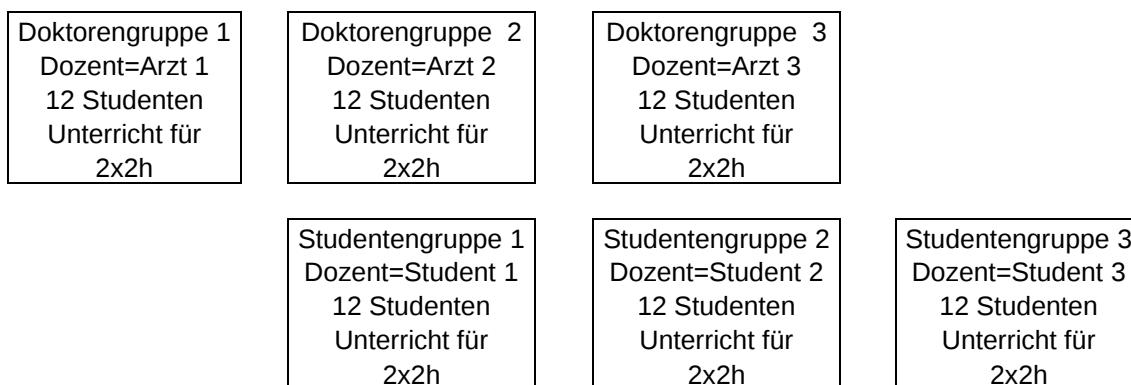


Abbildung 1: Gruppenübersicht für die Kurse des MSUS.

Maximal 12 Studenten wurden entweder von einem Arzt oder einem Peer-Tutor ausgebildet. Für jeden der insgesamt drei Studiendurchläufe leiteten drei ärztliche Dozenten und drei Peer-Tutoren den Unterricht.

3.1.3 Dozenten

Es wurden sowohl Ärzte als auch freiwillige PT (s+) als Dozenten eingesetzt. Die ärztlichen Dozenten waren ohne Ausnahme Fachärzte für Orthopädie und Unfallchirurgie der Aachener Unfallchirurgischen Universitätsklinik. Sie hatten bereits an weiterbildenden Kurse auf dem Gebiet des MSUS teilgenommen. Die PT waren auf dem

gleichen Ausbildungsstand wie die anderen teilnehmenden Studenten und hatten demzufolge keine Vorkenntnisse auf dem Gebiet des MSUS.

3.1.4 Ethische Genehmigung

Diese Studie wurde durch die Ethikkommission der medizinischen Fakultät der RWTH Aachen (Ethik-Votum 178/09) genehmigt.

3.2 Dozententraining

Die PT erhielten von einem der ärztlichen Dozenten vor dem Kurs eine 30-minütige Einführung in die Bedienung des Ultraschallgerätes und in die Einstellung der Standardschnittebenen der Schultersonografie. Alle Dozenten hatten die Möglichkeit, sich innerhalb von sieben Tage mit Hilfe von Vorbereitungsmaterialien auf den Unterricht vorzubereiten.

3.2.1 Vorbereitungsmaterial

Als Vorbereitungsmaterial dienten den Dozenten neben dem Lehrplan (siehe Anhang) der Atlas der „Sonografie der Stütz- und Bewegungsorgane“ **28**. Zur Vertiefung erhielten die Dozenten Auszüge aus dem Atlas der „Ultraschalldiagnostik der Bewegungsorgane“ **40**. In diesen Auszügen wurden allgemeine Inhalte des MSUS und die Standardschnittebenen der Schulter repräsentiert.

Auf die Schnittebenen in Innenrotation sollten sich die Dozenten mit Hilfe der Homepage der EULAR **1** vorbereiten. Über das Computerprogramm Ultraschalldiagnostik **50** wurden den Dozenten virtuelle Einblicke in anatomische Grundlagen der Schnittebenen ermöglicht.

3.3 Studentenausbildung

Der Unterricht setzte sich aus zwei Einheiten mit einer jeweiligen Dauer von zwei Stunden zusammen. Sämtlichen Studenten erhielten mit Hilfe eines Lehrplanes, der die zeitlichen Abläufe der Kurse und die Lerninhalte vorgab, eine standardisierte Ausbildung auf dem Gebiet des MSUS.

Nach der theoretischen Einweisung in einen neuen Teilaspekt und einer praktischen

Vorführung am Modell folgte stets die selbstständige Durchführung des MSUS unter Supervision der Dozenten. Pro Schulterregion wurde eine Übungszeit von 30 Minuten eingeräumt. Als Modelle für die praktischen Teile dienten die Kommilitonen selbst.

3.3.1 Unterrichtsinhalte

Der Unterricht beinhaltete schultersonografische Standardschnittebenen, die den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) entsprachen. Zusätzlich wurden von der European League Against Rheumatism (EULAR) empfohlene Schnittebenen des innenrotierten Schultergelenks vorgestellt. Obwohl der praxisorientierte Unterrichtsteil in den Vordergrund rückte, wurden zuvor theoretische Grundlagen erläutert, die für das Verständnis unumgänglich waren.

Zunächst erfolgte eine allgemeine Einführung zum MSUS. Hierbei gingen die Dozenten auf den Schallkopf, den Untersuchungsablauf, die Indikationen, die Befunde und auf die Standardschnittebenen der DEGUM und der EULAR ein. Im Anschluss wurden die drei Schulterregionen mit ihren Schnittebenen vorgestellt.

In der ventralen Region wurden der longitudinale und der transversale Schnitt in Neutralposition und als Zusatzschnitte auch jeweils in Innenrotation gelehrt. Zu den Schnitten der lateralen Region zählten der Transversalschnitt (Coracoacromialschnitt) und der Longitudinalschnitt in Neutralposition. Abschließend wurden in der dorsalen Region der transversale und der longitudinale Schnitt vorgestellt. Bei allen Schnittebenen wurde Wert auf die dynamische Untersuchung gelegt.

3.3.2 Ultraschallgeräte

Die Lehrräume waren jeweils mit zwei Ultraschallgeräten ausgestattet. Diese Geräte verfügten alle über einen Linearschallkopf mit einer Frequenz von 7,5-10 MHz und einen Drucker. Die folgenden Geräte wurden für den Unterricht und die Prüfungen benutzt: Aloka SSD 1000, Toshiba Nemio XG, Toshiba Famio und Eccocee, Siemens Acuson X-300, Phillips HD-7, Sonosite M-Turbo.

3.4 Evaluation der quantitativ-objektiven Parameter

Die Abschlussprüfung setzte sich aus einer praktischen OSCE-Prüfung und einer theoretischen Prüfung in Form einer MC-Klausur zusammen. Um den genauen und unverfälschten Wissensstand eines jeden Studenten abzufragen, wurden alle Studenten angehalten, sich nicht in Eigenregie auf die Prüfungen vorzubereiten.

Jeder Student verfügte für die Erstellung der acht Schnittebenen über ein Ultraschallgerät, mit welchem er die rechte Schulter eines Modells untersuchen konnte. Die ausgewählten Modelle waren freiwillige Kommilitonen.

Die Gesamtzeit der Prüfung betrug maximal acht Minuten. Der Prüfer hatte die Aufgabe, die Zeit für jeden einzelnen Standardschnitt zu messen und die praktische Ausführung sachgemäßer Patientenlagerung und Schallkopfhaltung direkt zu benoten. Die erreichten Noten und die gemessenen Zeiten trugen die Prüfer in einen Bewertungsbogen ein.

Jede erstellte Schnittebene wurde durch die Prüfer auf dem Monitor eingefroren, sobald der Student von einer optimalen Einstellung ausging. Anschließend wurde das entsprechende Bild ausgedruckt und beschriftet. Drei externe und unabhängige Gutachter waren für die Bewertung dieser erstellten Schnittbilder verantwortlich.

Die MC-Klausur wurde von allen Studenten gleichzeitig geschrieben. Für die zehn Fragen hatten die Probanden 15 Minuten Zeit. Zu jeder Fragestellung existierten fünf Aussagen, von denen jeweils nur eine richtig oder falsch war.

3.4.1 Prüfungsinhalte

Die Prüfungsinhalte orientierten sich an dem Lehrplan, der zuvor den Unterricht bestimmt hatte.

Drei Fragen der MC-Klausur beschäftigten sich mit den Einführungsthemen des Unterrichtes. Die Inhalte dieser Fragen waren die Schallfrequenz, die standardisierten Konventionen der Monitordarstellung sowie der Untersuchungsablauf. Im Zusammenhang mit den Schnittebenen wurden die jeweiligen anatomischen Strukturen abgefragt. Zu jedem gelehrt Standardschnitt war eine Frage zu beantworten.

Die praktischen Fertigkeiten aller gelehrt Schnittebenen wurden mit Hilfe der OSCE-Prüfung objektiviert.

3.4.2 Prüfungsmaterial und Bewertungskriterien

Für die Prüfung wurde ein Bewertungsbogen genutzt, in welchem für jeden der acht Schnitte zwei Spalten zugeordnet waren, in denen die Zeit und die Note der Ausführung notiert werden konnten.

Zur Bewertung der Bildausdrucke wurden Idealbilder aus dem Buch „Sonografie der Stütz- und Bewegungsorgane“ 28 und der Homepage der EULAR 1 zum Vergleich herangezogen. Ein Punkteverteilungssystem (siehe Anhang) gab die Höhe des OSCE-Scores gemäß der korrekt dargestellten anatomischen Strukturen vor.

Pro Schnitt konnten zwischen zwei und sechs Punkte erzielt werden, die zusätzlich mit

einem Extrapunkt für alle Schnittebenen bei einer besonders gelungenen Knochen- und Weichteildarstellung aufgewertet werden konnten. Maximal konnten 38 Punkte erreicht werden.

3.4.3 Prüfer

Eingesetzt wurden insgesamt sieben Prüfer, die ausnahmslos auf dem Gebiet des MSUS ausgebildete Fach- oder Assistenzärzte der unfallchirurgischen Klinik des Aachener Universitätsklinikums waren. Drei weitere externe Prüfer bewerteten die erstellten Ausdrucke der Schnittebenen nach einem vordefinierten Punktesystem.

3.5 Evaluation der qualitativ-subjektiven Parameter

Die Studenten bearbeiteten im Verlauf der Studie zu Beginn einen Eingangsfragebogen und nach den Unterrichtseinheiten einen zweiten Fragebogen. Über den Eingangsfragebogen wurden allgemeine Angaben wie Alter, Geschlecht, Studienfach, Vorkenntnisse und Semesterzahl abgefragt.

Der Fragebogen zum Unterricht (siehe Anhang) wurde direkt im Anschluss an den Kurs ausgeteilt. Die Studenten konnten neben der Vermittlung allgemeiner Grundlagen auch die Lehre der jeweiligen Schnittebenen nach dem Schulnotensystem (Noten 1-6) beurteilen. Weitere Fragen ermöglichten es den Studenten Aspekte wie die Kompetenz des Dozenten, das Lernklima, die Gruppengröße, die Unterrichtsinhalte, das Zeitmanagement und weitere Punkte auf der Likert-Skala (LS) zu bewerten, die die folgenden sechs Antwortmöglichkeiten zur Auswahl hatte:

- Trifft zu (5)
- Trifft eher zu (4)
- Neutral (3)
- Trifft weniger zu (2)
- Trifft nicht zu (1)
- Nicht zu beantworten (0)

Am Ende des Fragebogens wurde Raum für eigene Bemerkungen eingeräumt. Zusätzlich erhielt auch jeder Dozent einen Fragebogen, mit welchem er seinen eigenen Unterricht einschätzen konnte.

3.6 Hard- und Software sowie statistische Analysen

Als Hardware diente ein Notebook vom Typ WIM 2090 der Firma Medion. Für die Erstellung von Schriftstücken und Tabellen wurden die Microsoftprogramme Word® und Excel® verwendet. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS®, Vers.17.0, SPSS Software GmbH, IL, USA ausgewertet.

Ordinale und metrische Daten wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung überprüft. Im Falle einer Normalverteilung (OSCE-Score, durchschnittliche Einstellungsdauer der Schnittebenen) wurden Zusammenhänge unter Verwendung des Student-t-Tests analysiert. Bei nicht normal verteilten Daten (MC-Klausur, Ausführungsbenotung, Antworten gemäß der LS) wurde der Mann-Whitney-Wilcoxon-Test verwendet.

Varianzgleichheiten wurden mit dem Levene-Test ermittelt. Bei gleichen Varianzen der zu untersuchenden Stichproben wurde für den Vergleich mehrerer Gruppen das Verfahren der einfaktoriellen Anova angewendet, bei ungleichen Varianzen der Kruskal-Wallis-H-Index.

Korrelationsanalysen wurden bei normal verteilten Daten mit Hilfe des Pearson-Korrelationskoeffizienten, bei nicht normal verteilten Daten unter Zugrundelegung des Spearman-Korrelationskoeffizienten durchgeführt.

Die Ergebnisse der Nachprüfung wurden abhängig von der Normalverteilung mit dem t-Test für verbundene Stichproben oder mittels des Wilcoxon-Tests mit den Ergebnissen der Eingangsprüfung verglichen.

4. Ergebnisse

4.1 Quantitativ-objektive Parameter

4.1.1 Gruppenvergleich der Humanmedizinstudenten

4.1.1.1 MC-Klausur

Die Ergebnisse der MC-Klausur waren zwischen den drei Gruppen der Humanmedizinstudenten, bestehend aus der Doktorengruppe d (6,6 Punkte), der Studentengruppe s (6,3 Punkte) und den Peer- Tutoren s+ (8,1 Punkte), unterschiedlich ($p=0,004$). Maximal hätten zehn Punkte in der Klausur erreicht werden können.

Die PT erreichten mit durchschnittlich 8,1 Punkten bessere Werte als die Doktorengruppe d (6,6 Punkte; $p=0,019$) und die Studentengruppe s (6,3 Punkte; $p=0,004$). Die Gruppen d und s unterschieden sich im Zusammenhang mit der MC-Klausur nicht (d 6,6 vs. s 6,3; $p=0,274$).

Die Klausurergebnisse der Humanmedizinstudenten sind in der Tabelle 1 und der Abbildung 2 zusammengefasst.

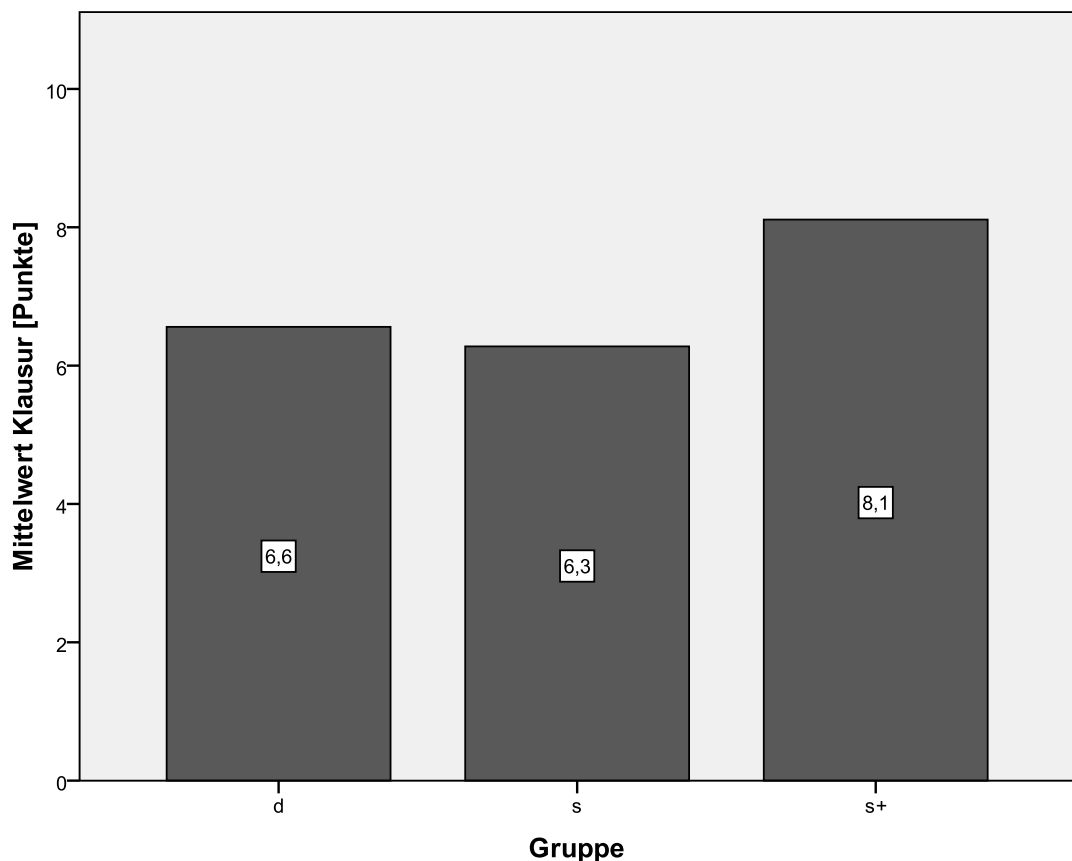


Abbildung 2: Klausurergebnisse der einzelnen Gruppen.

Die PT der Gruppe s+ waren mit ihrem Ergebnis den Studenten der Doktorengruppe d ($p=0,019$) und der Studentengruppe s ($p=0,004$) überlegen. Die von Ärzten unterrichtete Gruppe d und die durch PT unterwiesene Gruppe s erreichten vergleichbare Klausurergebnisse ($p=0,274$).

4.1.1.2 Bewertung der Ausführung

Die durchschnittliche Bewertung der Scan-Ausführung nach dem Notensystem von eins bis sechs fiel unterschiedlich für die einzelnen Gruppen aus (s+ 2,4 vs. d 2,9 vs. s 3,2; $p=0,001$).

Die PT (s+) wurden mit einer Durchschnittsnote von 2,4 positiver als die Studenten der Doktorengruppe d (2,9; $p=0,015$) und der Studentengruppe s (3,2; $p=0,001$) beurteilt.

Die PT erzielten für die Ausführung der drei Schnittebenen ventral-transversal (s+ 2,2 vs. d 2,8; $p=0,044$), ventral-longitudinal (s+ 1,9 vs. d 2,9; $p=0,002$) und dorsal-longitudinal (s+ 2,2 vs. d 3,0; $p=0,020$) bessere Noten als die Studenten der Gruppe d.

Den Studenten der Gruppe s waren die PT bei der Ausführung von folgenden fünf Schnittebenen überlegen: ventral-transversal (s+ 2,2 vs. s 3,1; $p=0,007$), ventral-transversal-innenrotiert (s+ 2,2 vs. s 3,0; $p=0,025$), ventral-longitudinal (s+ 1,9 vs. s 2,9;

$p=0,001$), dorsal-transversal ($s+ 2,4$ vs. $s 3,3$; $p=0,049$) und dorsal-longitudinal ($s+ 2,2$ vs. $s 3,3$; $p=0,003$).

Die Doktorengruppe d erreichte eine mit der Gruppe s vergleichbare durchschnittliche Ausführungsnote (d 2,9 vs. s 3,2; $p=0,059$). Auch bei Betrachtung der einzelnen Schnittebenen ergaben sich keine signifikant unterschiedlichen Ausführungsbenotungen.

Die Ausführungsbenotungen der Humanmedizinstudenten sind in der Tabelle 1 und der Abbildung 3 zusammengefasst.

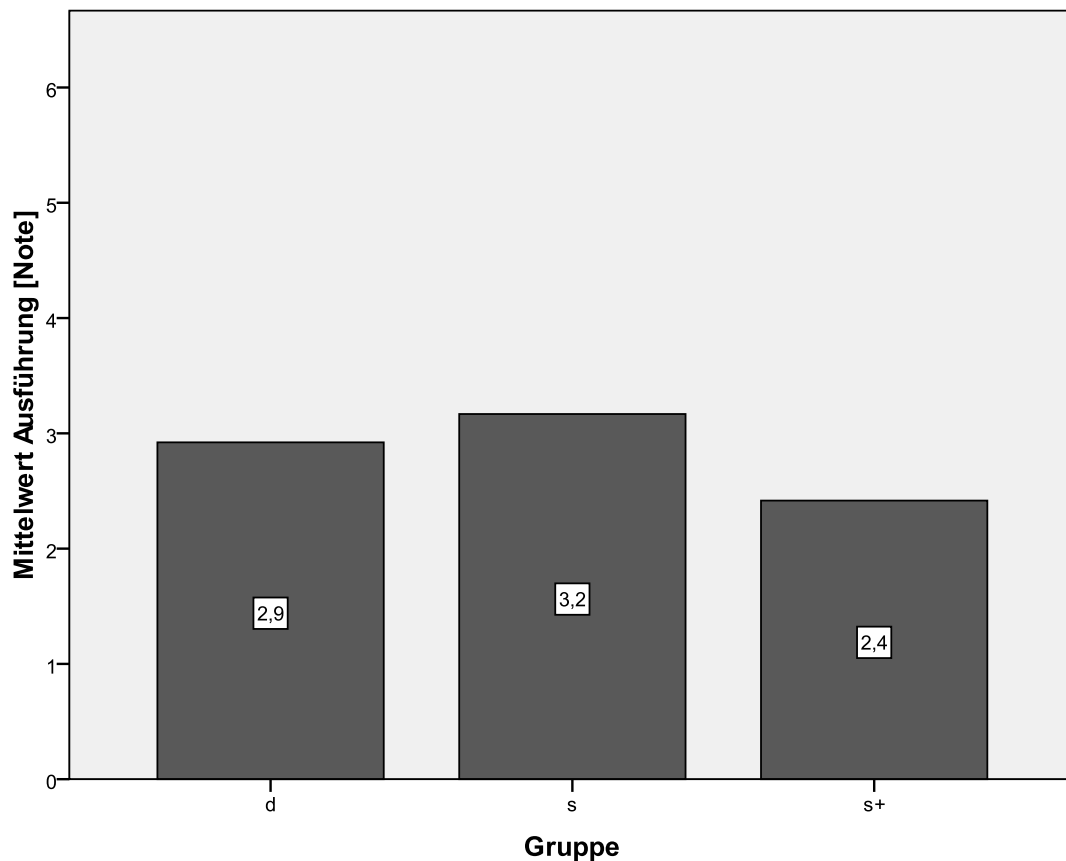


Abbildung 3: Durchschnittliche Bewertung der Ausführung des MSUS.

Am besten wurde die Ausführung der PT $s+$, gefolgt von den Studenten der Doktorengruppe d und der Studentengruppe s, bewertet. Die PT erreichten bessere Noten als die Studenten der Gruppen d ($p=0,015$) und s ($p=0,001$), die wiederum vergleichbare Ausführungsbenotungen ($p=0,059$) zeigten.

4.1.1.3 OSCE-Scores der erstellten Schnittbilder

Die OSCE-Scores der erstellten Schnittbilder lieferten unterschiedliche Ergebnisse zwischen den Gruppen ($s+ 25,2$ vs. $d 19,1$ vs. $s 17,4$; $p<0,001$). Der maximal erreichbare OSCE-Score betrug 38 Punkte.

Der OSCE-Score für die erstellten Schnittbilder war unter den PT mit durchschnittlich 25,2 Punkten höher als unter den ärztlich unterrichteten Studenten der Gruppe d (19,1; $p<0,001$). Sie erstellten mit der lateral-transversalen Schnittebene (s+ 4,6 vs. d 1,8; $p<0,001$) eine von acht Schnittebenen besser.

Der Gruppe s waren die PT ebenfalls mit ihrem OSCE -Score überlegen (s+ 25,2 vs. s 17,4; $p<0,001$). Dabei wurden die lateral-transversale (s+ 4,6 vs. s 2,5; $p=0,003$) und die dorsal-longitudinale Schnittebene (s+ 3,4 vs. s 2,5; $p=0,017$) der PT mit höheren Punktzahlen versehen.

Die Doktorengruppe d war der Studentengruppe s in der mittleren Bewertung der Schnittbilder nicht überlegen (d 19,1 vs. s 17,4; $p=0,063$). Signifikant unterschiedliche Punktzahlen ergaben sich auch bei der Einzelbetrachtung der Schnittebenen nicht.

Die OSCE-Scores der Humanmedizinstudenten sind in der Tabelle 1 und der Abbildung 4 zusammengefasst. Repräsentative Scans aller Schnittebenen, die während der Prüfungen generiert wurden, sind in der Abbildung 5 dargestellt.

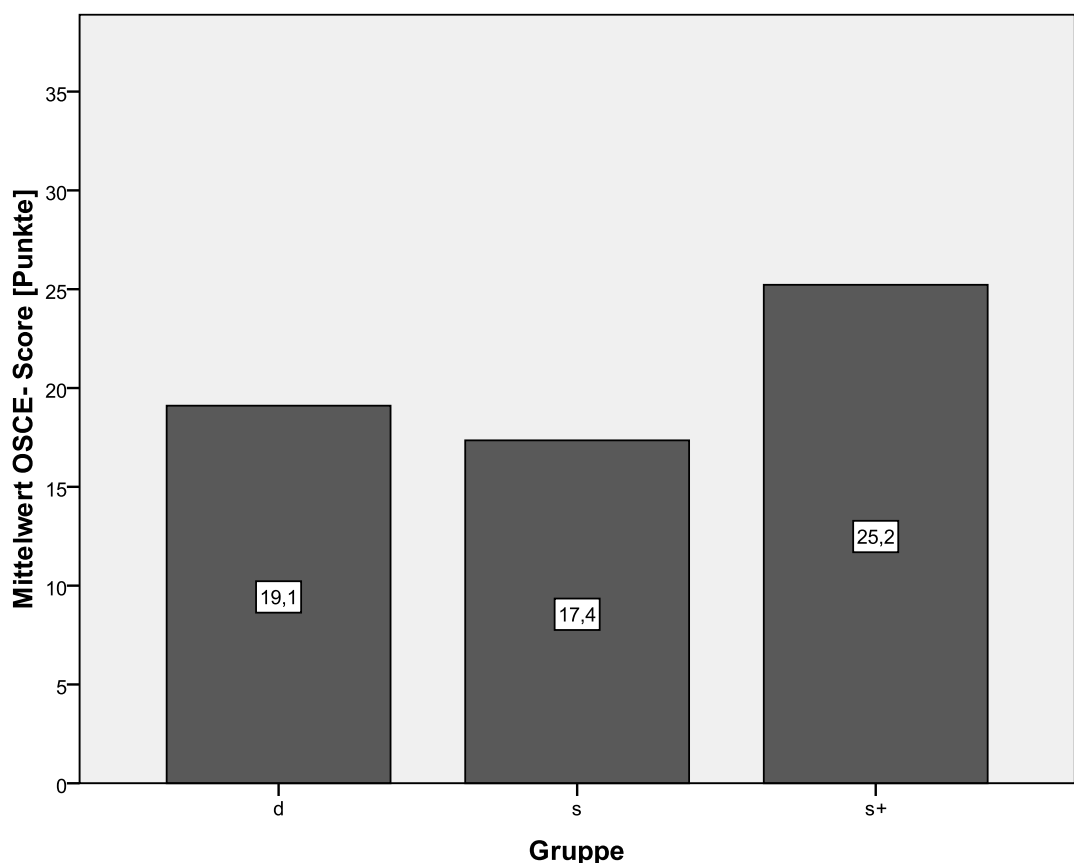


Abbildung 4: Vergleich der durchschnittlichen OSCE-Scores für die erstellten Bilder zwischen den verschiedenen Gruppen.

Die PT erreichten bessere OSCE-Scores als die Gruppen d und s (jeweils $p<0,001$). Die Unterschiede der OSCE-Scores der Gruppen d und s sind nicht signifikant ($p=0,063$).

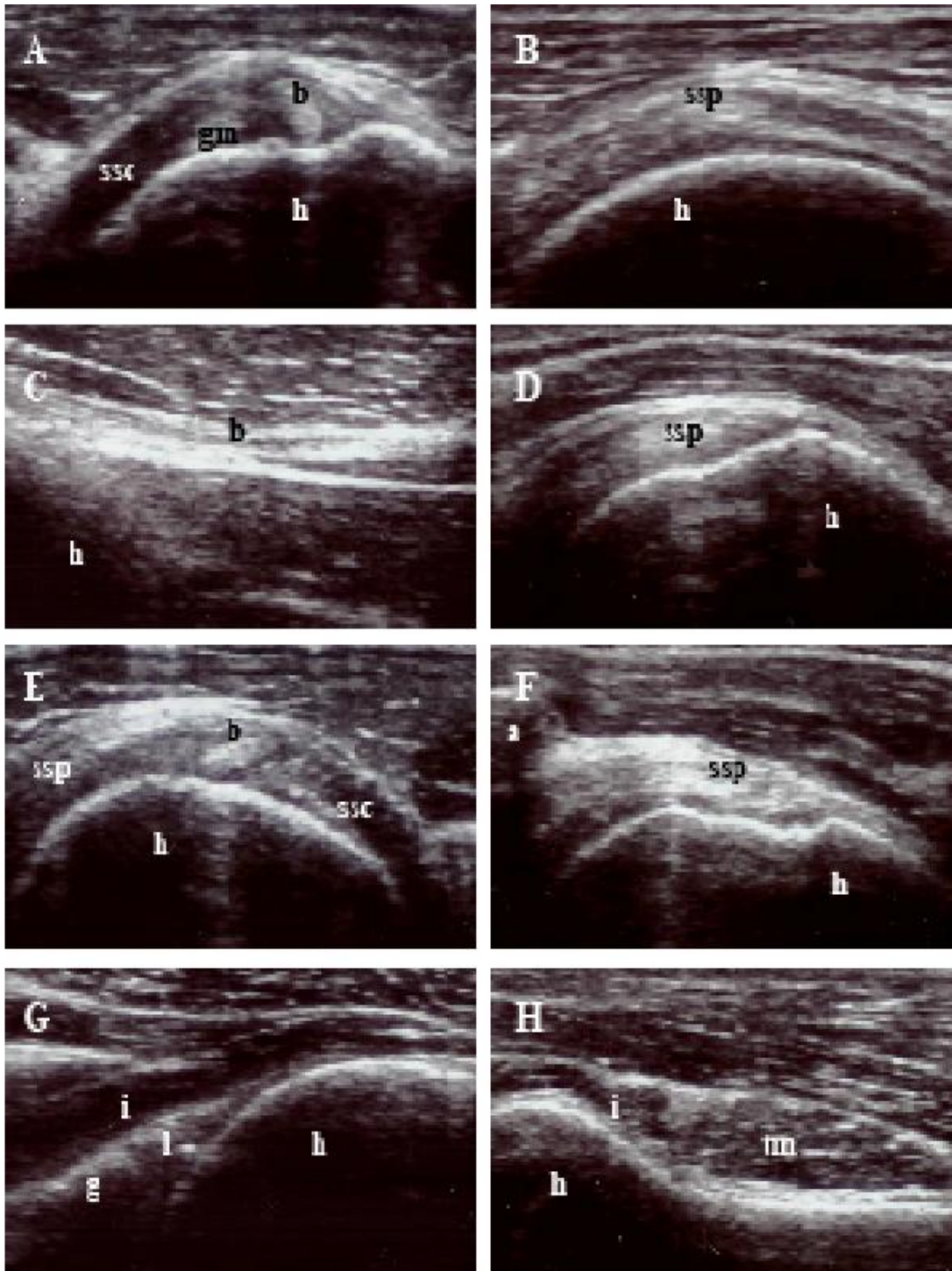


Abbildung 5: Repräsentative Schnittbilder, die während der Prüfung von den Studenten erstellt wurden.

A=ventral-transversal, B=ventral-transversal-innenrotiert, C=ventral-longitudinal, D=ventral-longitudinal-innenrotiert, E=lateral-transversal, F=lateral-longitudinal. G=dorsal-transversal, H=dorsal-longitudinal, h=Humerus, i=M. infraspinatus, ssp=M. supraspinatus, b=lange Bizeps-sehne, gm=Lig. glenohumerale, g=Glenoid, tm= M. teres minor, l=labrum glenoidale, ssc=M. subscapularis

4.1.1.4 Zeitmessungen

Für die durchschnittliche Dauer, die für die Erstellung einer Schnittebene benötigt wurde, ergaben sich gruppenspezifische Unterschiede (s+ 24,0sec vs. d 32,3sec vs. s 37,7sec; $p=0,015$).

Die benötigte Zeit je Schnittbild lag bei den PT mit durchschnittlich 24,0sec niedriger als bei der Doktorengruppe d (32,3sec; $p=0,120$) und der Studentengruppe s (37,7sec; $p=0,011$).

Die PT stellten das ventral-longitudinale Schnittbild schneller als die Studenten der Gruppe d ein (s+ 18,9sec vs. d 39,4sec; $p=0,030$).

Der Gruppe s waren die PT bei der Einstellungszeit für vier Schnittebenen überlegen: ventral-transversal (s+ 24,8sec vs. s 42,9sec; $p=0,022$), ventral-transversal-innenrotiert (s+ 13,7sec vs. s 31,5sec; $p=0,008$), ventral-longitudinal (s+ 18,9sec vs. s 36,5sec; $p=0,018$) und lateral-transversal (s+ 20,9sec vs. s 38,0sec; $p=0,026$).

Die Studenten der Doktorengruppe d benötigten weniger Zeit als ihre Kommilitonen der Studentengruppe s (d 32,3sec vs. s 37,7sec; $p=0,041$). Sie stellten im Einzelbildvergleich die ventral- transversal-innenrotierte (d 25,0sec vs. s 31,5sec; $p=0,043$) und die lateral-longitudinale Schnittebene (d 27,6sec vs. s 37,6sec; $p=0,009$) schneller ein.

Die Zeitmessungen der Humanmedizinstudenten sind in der Tabelle 1 und der Abbildung 6 zusammengefasst.

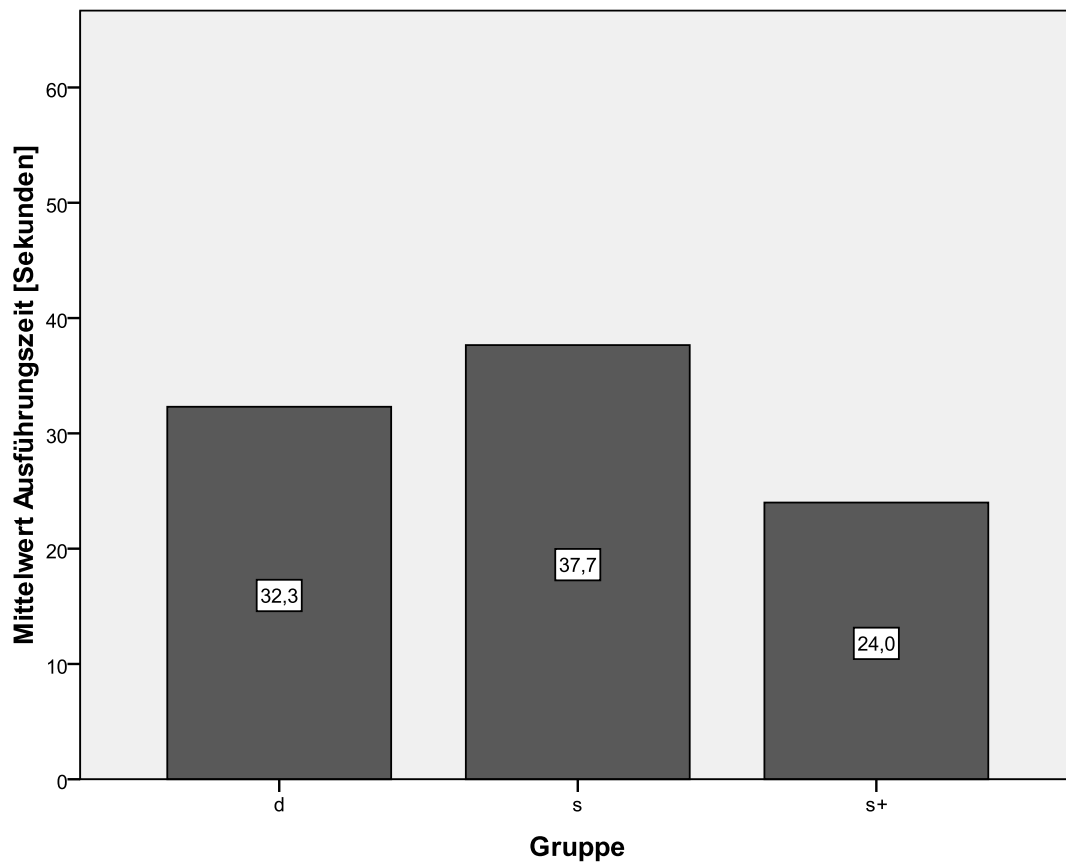


Abbildung 6: Vergleich der durchschnittlichen Einstellungszeit, die pro Schnittebene benötigt wurde.

Am schnellsten waren die PT s+ gegenüber der Doktorengruppe d ($p=0,120$) und der Studentengruppe ($p=0,013$). Die Gruppe d benötigte im Vergleich mit der Gruppe s durchschnittlich weniger Zeit, um die Schnittbilder zu erstellen ($p=0,041$).

4.1.1.5 Zusammenfassung der Prüfungsergebnisse der Humanmedizin- studenten

Tabelle 1: Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der verschiedenen Prüfungsergebnisse, die von Humanmedizinstudenten der Gruppen d und s sowie den PT der Gruppe s+ erreicht wurden.

Prüfungsteil	Gruppe			p-Wert
	d (n=75)	s (n=72)	s+ (n=9)	
MC-Klausur (max. 10 Punkte)	6,6±2,0	6,3±1,7	8,1±1,5	p=0,015
Durchschnittliche Ausführungsbenotung (Noten 1-6)	2,9±0,7	3,2±0,7	2,4±0,3	p=0,001
OSCE-Score (max. 38 Punkte)	19,1±5,6	17,4±5,7	25,2±3,5	p<0,001
Durchschnittliche Einstellungsdauer (Sekunden)	32,3±15,5	37,7±15,8	24,0±8,2	p=0,015

4.1.2 Nachprüfungsergebnisse im Gruppenvergleich

4.1.2.1 MC-Klausur

Die Studenten (n=43, d=19, s=24), die sich ein Jahr nach dem ersten Prüfungstermin nochmals prüfen ließen, konnten in der zweiten Klausur das Ergebnis der ersten Klausur nicht bestätigen. Dieser Rückgang der theoretischen Kenntnisse war sowohl in der Doktorengruppe d (6,1 vs. 4,0; p=0,006) als auch in der Studentengruppe s (6,3 vs. 4,5; p=0,002) zu verzeichnen.

Die Studenten beider Gruppen erreichten in der ersten Prüfung (d 6,4 vs. s 6,3; p=0,790) sowie in der Nachprüfung (d 4,0 vs. s 4,5; p=0,498) vergleichbar hohe Punktzahlen.

Die Klausurergebnisse beider Prüfungstermine sind in der Tabelle 2 und der Abbildung 7 zusammengefasst.

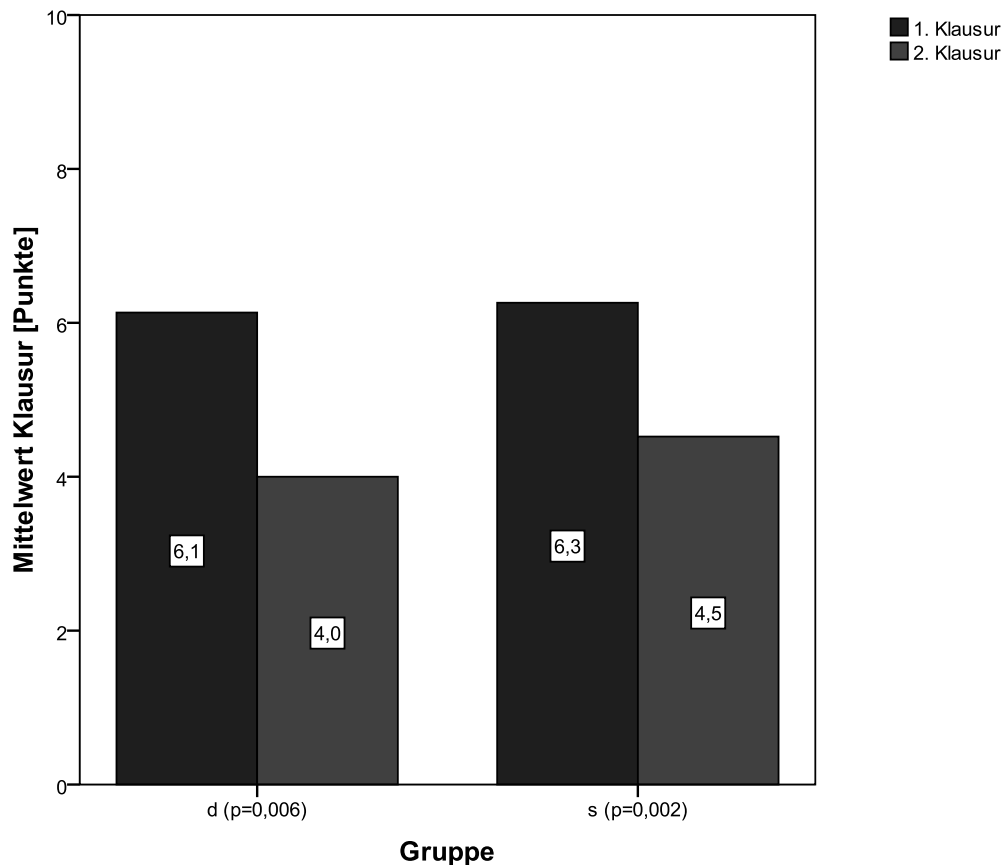


Abbildung 7: Gruppeninterner Vergleich der Ergebnisse der ersten und der zweiten Klausur.
Die Verringerung der erreichten Punktzahl ist bei beiden Gruppen signifikant.

4.1.2.2 Bewertung der Ausführung

Im praktischen Teil ergaben sich für die Ausführungsbewertung keine signifikanten Veränderungen innerhalb der Gruppen d (3,0 vs. 2,8; $p=0,427$) und s (3,0 vs. 3,0; $p=0,874$).

Weder bei der ersten Prüfung (d 3,0 vs. s 3,0; $p=0,868$) noch bei der Nachprüfung (d 2,8 vs. s 3,0; $p=0,496$) zeigte eine der beiden Gruppen stärkere Kompetenzen in der Ausführung.

Die Ausführungsbewertungen beider Prüfungstermine sind in der Tabelle 2 und der Abbildung 8 zusammengefasst.

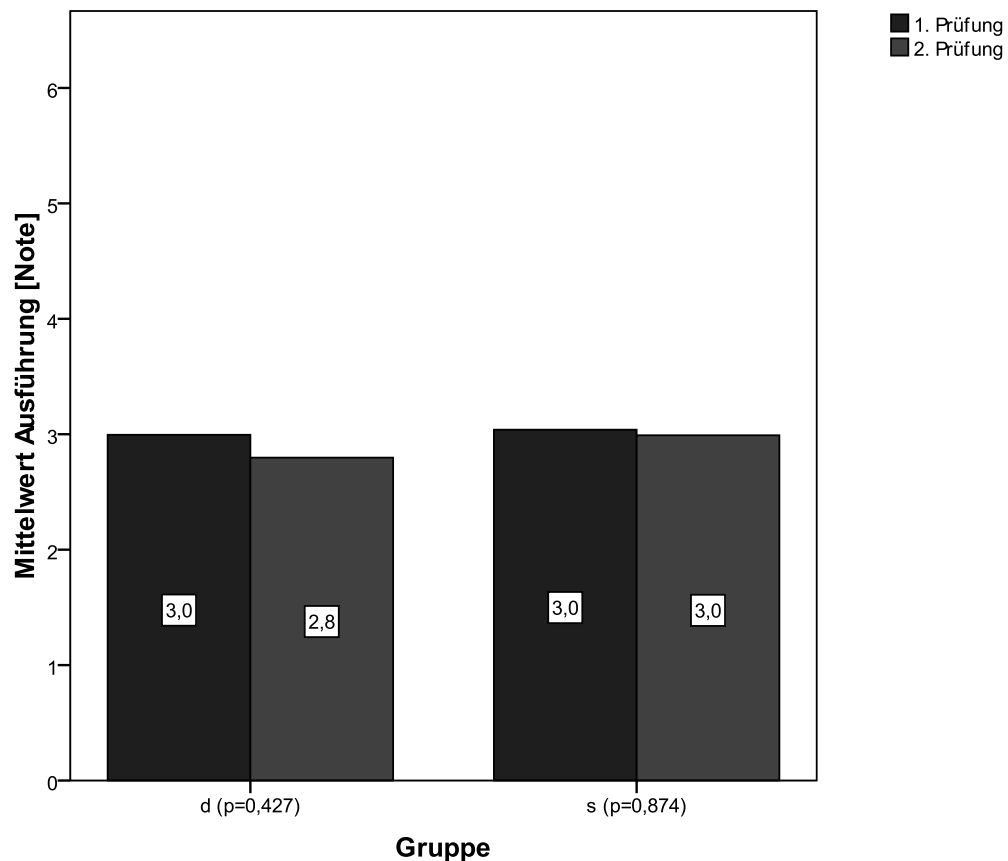


Abbildung 8: Gruppeninterner Vergleich der Noten nach der ersten und der zweiten Ausführungsbewertung.

Beide Gruppen zeigten nach einem Jahr keine Veränderungen.

4.1.2.3 OSCE-Scores der erstellten Schnittbilder

Der OSCE-Score für die erstellten Schnittbilder verschlechterte sich nur für die Gruppe s (17,7 vs. 13,3; $p=0,008$), während die Gruppe d (18,2 vs. 14,9; $p=0,085$) das Niveau der ersten Prüfungsergebnisse aufrechterhalten konnte.

Die Gruppe d erreichte für das ventral-transversal-innenrotierte Schnittbild (2,3 vs. 1,4; $p=0,004$), das ventral-longitudinal-innenrotierte Schnittbild (2,5 vs. 1,6; $p=0,008$) und das lateral-longitudinale Schnittbild (2,4 vs. 1,4; $p=0,004$) eine reduzierte Punktzahl.

Die Gruppe s erzielte für das ventral-longitudinal-innenrotierte Schnittbild (2,3 vs. 1,2; $p=0,002$), das lateral-longitudinale Schnittbild (2,4 vs. 1,4; $p=0,011$) und das ventral-longitudinale Schnittbild (1,8 vs. 1,3; $p=0,034$) geringere Scores.

In beiden Gruppen erzielten die Studenten vergleichbar hohe OSCE-Scores für die erste Prüfung (d 18,2 vs. s 17,7; $p=0,786$) und die Nachprüfung (d 15,0 vs. s 13,3; $p=0,318$).

Die OSCE-Scores beider Prüfungstermine sind in der Tabelle 2 und der Abbildung 9 zusammengefasst.

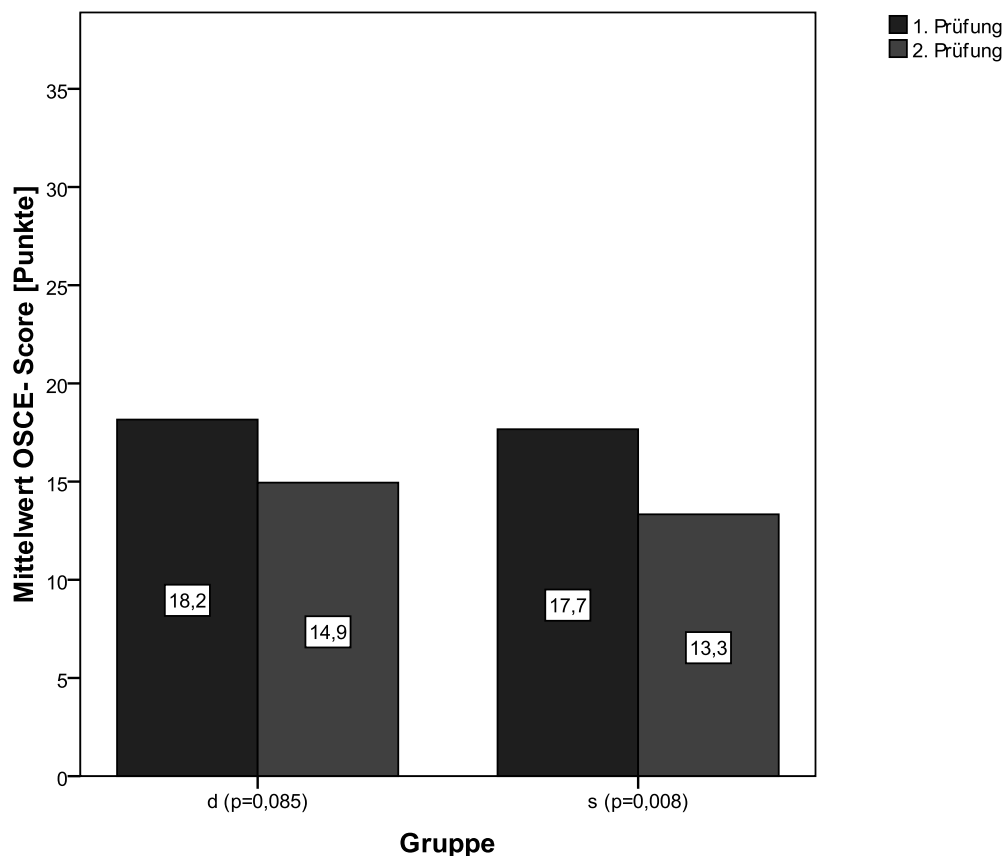


Abbildung 9: Gruppeninterner Vergleich der erreichten OSCE-Scores der erstellten Schnittbilder. Im Gegensatz zur Gruppe d erzielte die Gruppe s ein signifikant schwächeres Ergebnis (p=0,008) in der Nachprüfung.

4.1.2.4 Zeitmessungen

Die mittlere Zeit für die Einstellung der Schnittebenen blieb bei beiden Gruppen konstant: d (34,5 vs. 28,9; p=0,335) und s (37,0 vs. 34,0; p=0,420).

Keine Gruppe war in Bezug auf die Einstellungszeit der anderen Gruppe überlegen. Dieses galt sowohl für die erste Prüfung (d 34,5 vs. s 37,0; p=0,630) als auch für die Nachprüfung (d 28,9 vs. s 34,0; p=0,175).

Die Zeitmessungen beider Prüfungstermine sind in der Tabelle 2 und der Abbildung 10 zusammengefasst.

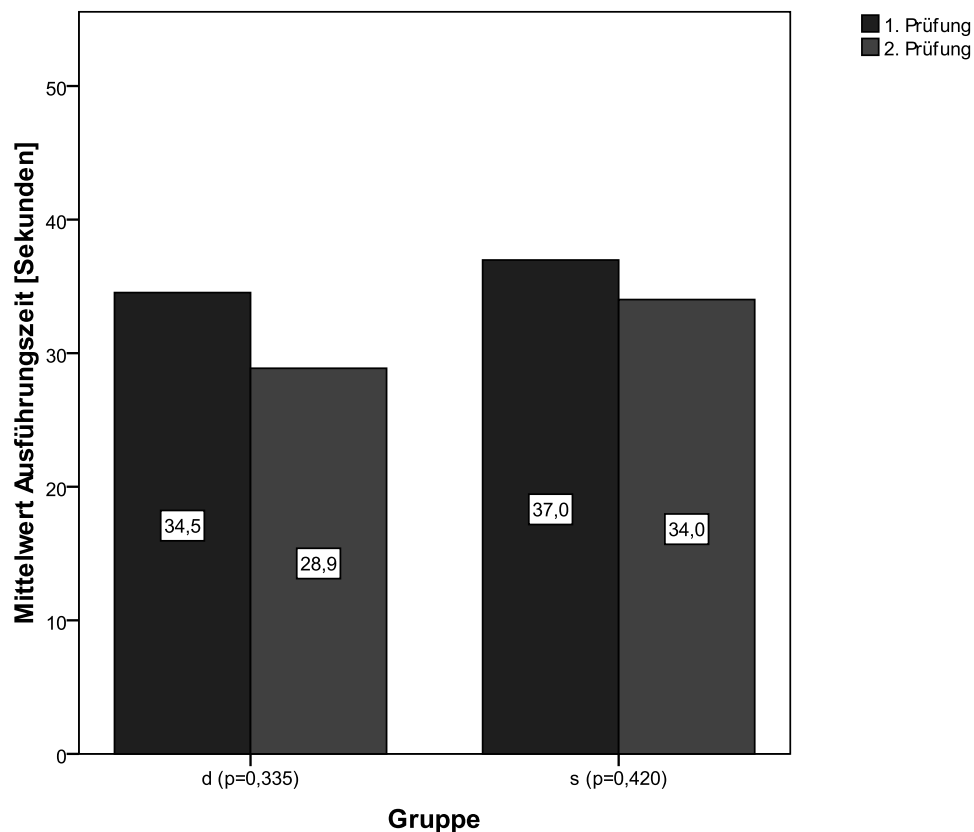


Abbildung 10: Gruppeninterner Vergleich der durchschnittlich benötigten Zeit für das Erstellen der Schnittebenen.

Bei beiden Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

4.1.2.5 Zusammenfassung der Nachprüfungsergebnisse

Tabelle 2: Ergebnisse der ersten Prüfung (1. Termin) direkt im Anschluss an den Unterricht verglichen mit den Ergebnissen der Nachprüfung (2. Termin), welche ein Jahr später stattfand. Die Ergebnisse der einzelnen Prüfungstermine sind für beide Gruppen in Form von Mittelwerten, Standardabweichungen und p-Werten angegeben.

			Gruppe d (n=19)			Gruppe s (n=24)		
Prüfungsteil			1. Termin	2. Termin	p-Wert	1. Termin	2. Termin	p-Wert
MC-Klausur	(max. 10 Punkte)		6,1±1,9	4,0±2,2	p=0,006	6,3±2,2	4,5±2,3	p=0,002
Durchschnittliche Ausföhrungsbenotung	(Noten 1-6)		3,0±0,8	2,8±0,6	p=0,427	3,0±0,9	3,0±1,2	p=0,874
OSCE-Score	(max. 38 Punkte)		18,2±6,4	14,9±3,8	p=0,085	17,7±5,4	13,3±6,5	p=0,008
Durchschnittliche Einstellungsdauer	(Sekunden)		34,5±17,8	28,9±13,2	p=0,335	37,0±15,2	34,0±11,2	p=0,420

4.1.3 Gruppenvergleich der Maschinenbaustudenten

Maschinenbaustudenten der Gruppe d erzielten kein besseres Klausurergebnis als Maschinenbaustudenten der Gruppe s (4,2 vs. 3,1; $p=0,057$).

Die während der OSCE-Prüfung ermittelte Ausführungsnote zeigte keine Unterschiede zwischen den Gruppen (d 3,0 vs. s 3,1; $p=0,814$).

In Bezug auf den OSCE-Score für die erstellten Schnittebenen (d 19,4 vs. s 16,3; $p=0,093$) wurden keine Unterschiede zwischen den Gruppen d und s ermittelt.

Die durchschnittlich benötigte Zeit pro erstellter Schnittebene (d 32,5 vs. s 38,2; $p=0,338$) ergab keine signifikanten Abweichungen zwischen ärztlich und durch PT eingewiesenen angehenden Ingenieuren.

Die Ergebnisse der Maschinenbaustudenten sind in der Tabelle 3 zusammengefasst. Grafisch sind die Ergebnisse Bestandteil der Abbildung 11, der Abbildung 12, der Abbildung 13, und der Abbildung 14.

Tabelle 3: Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der verschiedenen Prüfungsergebnisse, die von Maschinenbaustudenten der Gruppen d und s erreicht wurden.

Prüfungsteil	Gruppe		p-Wert
	d (n=20)	s (n=18)	
MC-Klausur (max. 10 Punkte)	4,2±1,9	3,1±1,4	$p=0,057$
Durchschnittliche Ausführungsbenotung (Noten 1-6)	3,0±0,6	3,1±0,5	$p=0,814$
OSCE-Score (max. 38 Punkte)	19,4±5,2	16,3±5,5	$p=0,093$
Durchschnittliche Einstellungsdauer (Sekunden)	32,6±16,4	37,6±15,9	$p=0,338$

4.1.4 Vergleich von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten

4.1.4.1 MC-Klausur

Die Maschinenbaustudenten erreichten in der Klausur eine im Vergleich zu den Humanmedizinstudenten geringere Punktzahl. Diese niedrigere Punktzahl der medizinisch nicht vorgebildeten Maschinenbaustudenten zeigte sich sowohl in der Doktorengruppe d (hm 6,6 vs. mb 4,2 Punkte; $p<0,001$) als auch in der Gruppe s (hm 6,3 vs. mb 3,1; $p<0,001$).

Die Klausurergebnisse der Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten sind in der Tabelle 4 und der Abbildung 11 zusammengefasst.

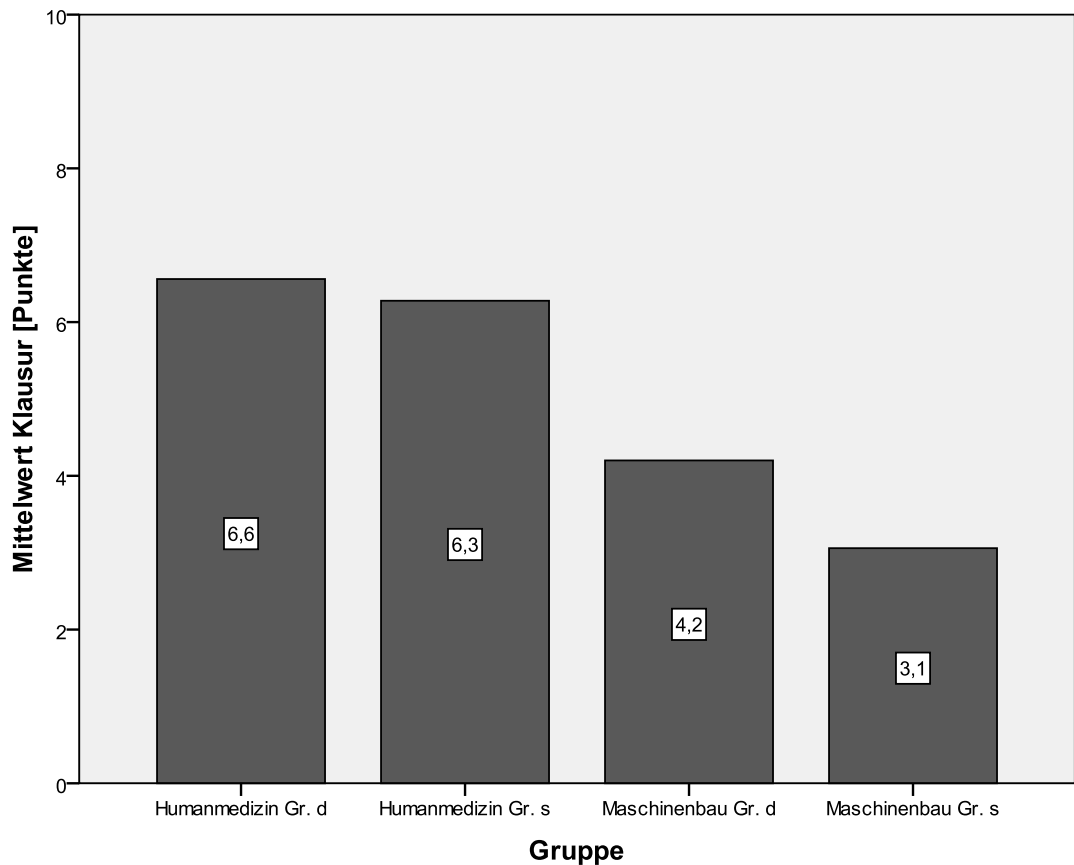


Abbildung 11: Durchschnittlich erreichte Punktzahlen in der MC-Klausur von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten.

Humanmedizinstudenten erzielten in der Gruppe d ($p < 0,001$) und der Gruppe s ($p < 0,001$) bessere Klausurergebnisse ($p < 0,001$) als Maschinenbaustudenten.

4.1.4.2 Bewertung der Ausführung

Im praktischen Teil trat bei der Ausführungsnote kein Unterschied zwischen Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten auf. Weder in der Gruppe d (hm 3,0 vs. mb 3,0; $p = 0,522$) noch in der Gruppe s (hm 3,2 vs. mb 3,1; $p = 0,354$) konnten Einflüsse der medizinischen Vorbildung auf die Ausführungskompetenzen festgestellt werden.

Die Ausführungsbenotungen der Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten sind in der Tabelle 4 und der Abbildung 12 zusammengefasst.

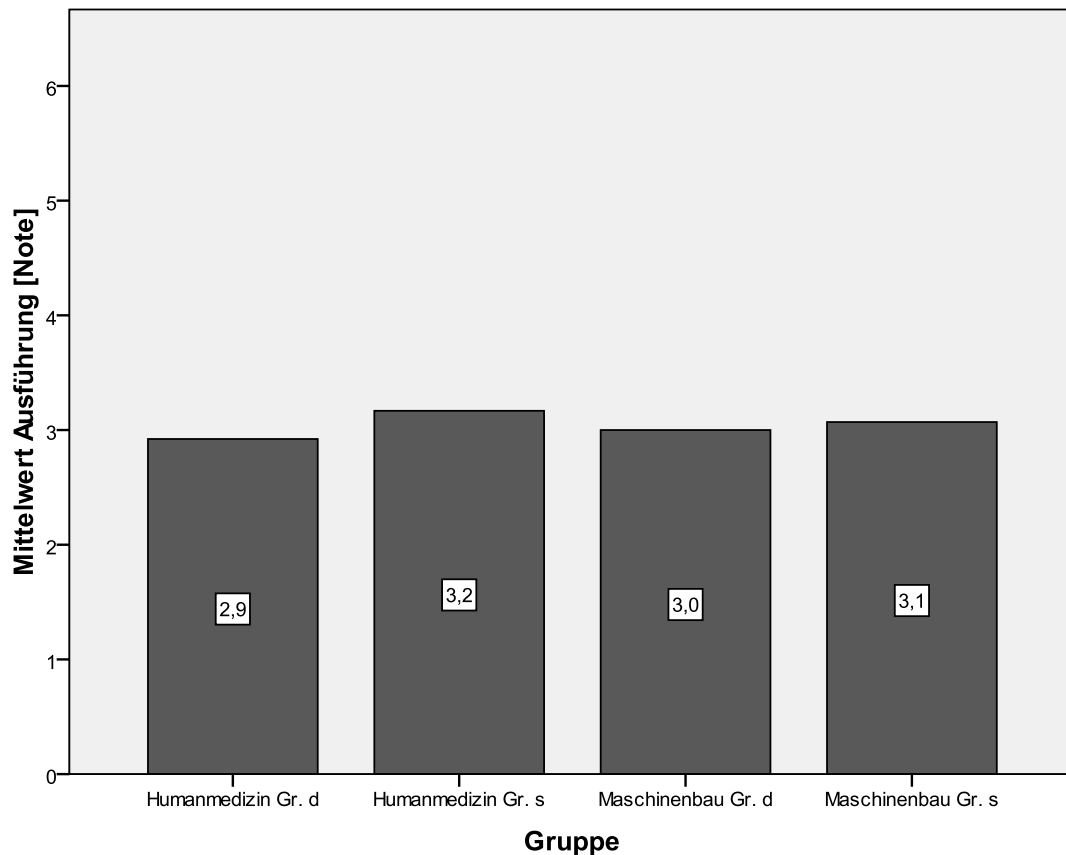


Abbildung 12: Durchschnittliche Ausführungsbenotungen von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten.

Humanmedizinstudenten erzielten weder in der Gruppe d ($p=0,522$) noch in der Gruppe s ($p=0,354$) besseren Noten ($p=0,522$) als Maschinenbaustudenten.

4.1.4.3 OSCE-Scores der erstellten Schnittbilder

Einflüsse der medizinischen Vorbildung konnten für diesen Prüfungsteil nicht evaluiert werden. Der OSCE-Score für die erstellten Schnittebenen lag innerhalb der Gruppe d (hm 19,1 vs. mb 19,3; $p=0,862$) und der Gruppe s (hm 17,4 vs. mb 16,3; $p=0,495$) auf einem vergleichbaren Niveau.

Die OSCE-Scores der Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten sind in der Tabelle 4 und der Abbildung 13 zusammengefasst.

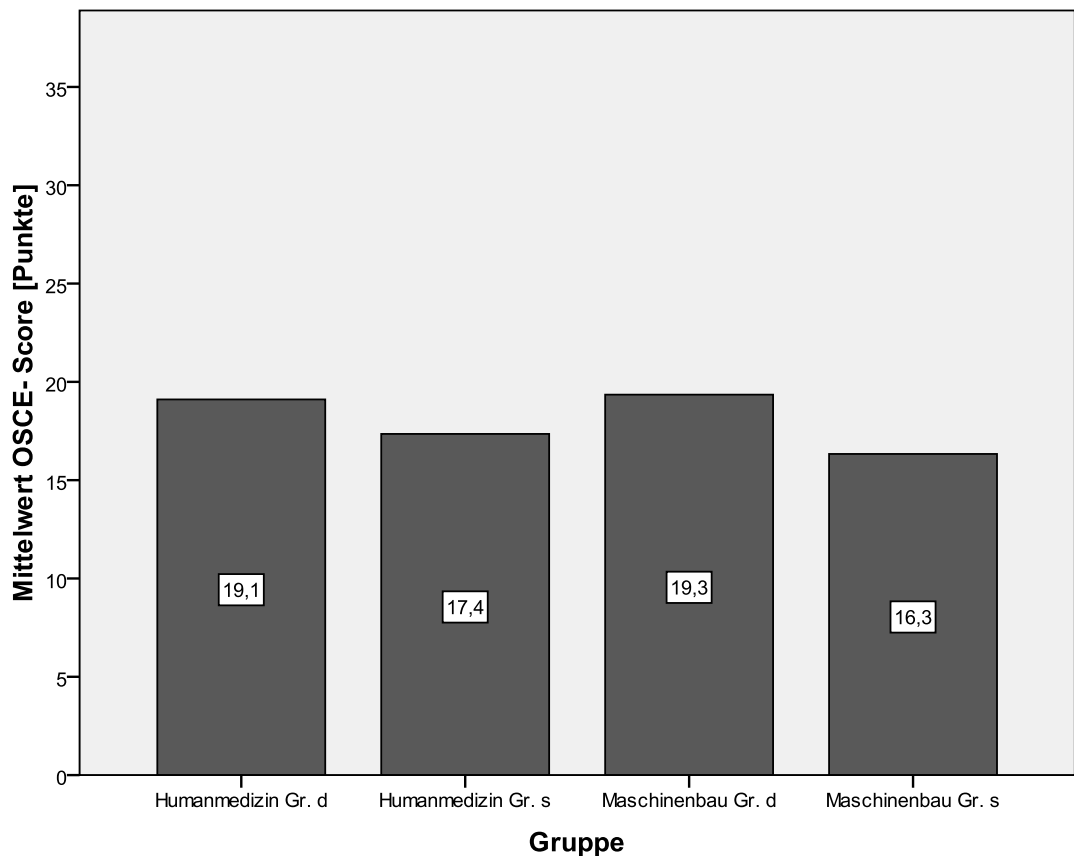


Abbildung 13: Durchschnittliche OSCE-Scores von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten. Humanmedizinstudenten erzielten weder in der Gruppe d ($p=0,862$) noch in der Gruppe s ($p=0,495$) signifikant höheren OSCE-Scores als Maschinenbaustudenten.

4.1.4.4 Zeitmessungen

Die Zeit, welche durchschnittlich für die Erstellung einer Schnittebene benötigt wurde, unterschied sich weder innerhalb Gruppe d (hm 32,3sec vs. mb 32,6sec; $p=0,949$) noch innerhalb der Gruppe s (hm 37,7 vs. mb 37,6; $p=0,981$).

Die Zeitmessungen der Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten sind in der Tabelle 4 und der Abbildung 14 zusammengefasst.

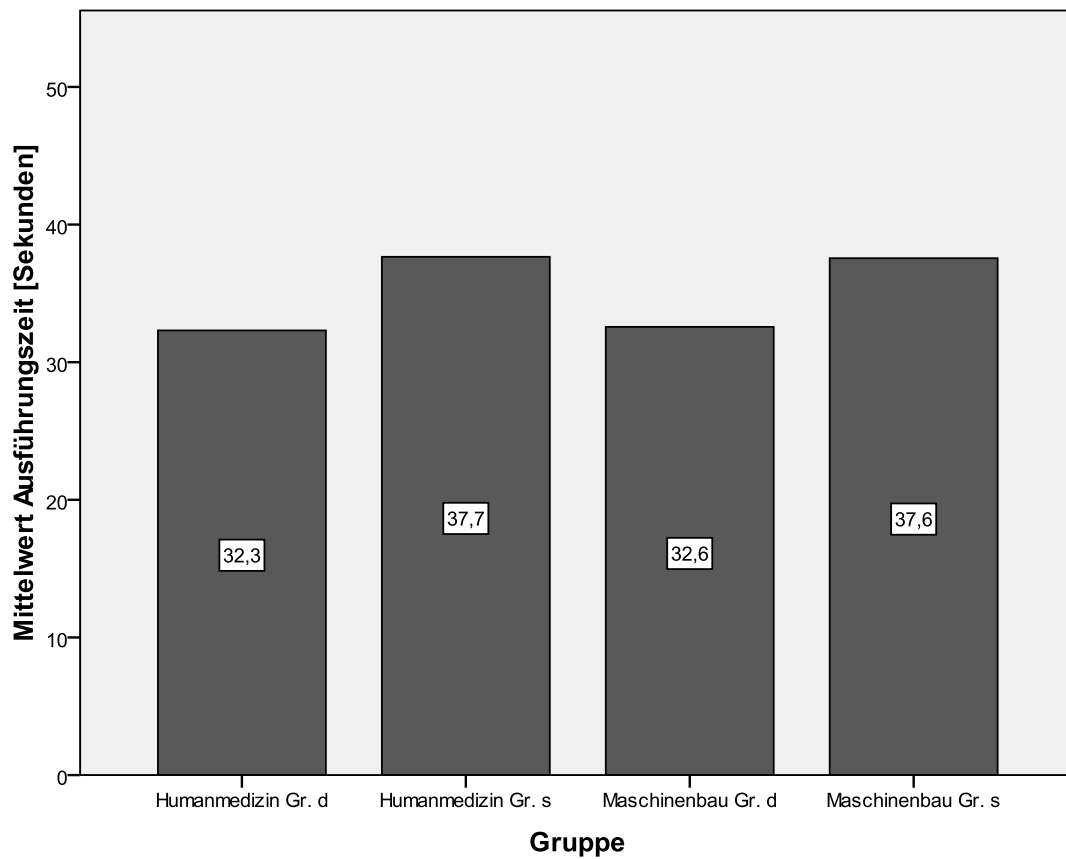


Abbildung 14: Durchschnittliche Ausführungszeiten von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten.

Humanmedizinstudenten stellten weder in der Gruppe d ($p=0,949$) noch in der Gruppe s ($p=0,981$) die Schnittebenen schneller als Maschinenbaustudenten ein.

4.1.4.5 Zusammenfassung der Prüfungsergebnisse von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten

Tabelle 4: Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der verschiedenen Prüfungsergebnisse, die von Humanmedizinstudenten und Maschinenbaustudenten der Gruppen d und s erreicht wurden.

Prüfungsteil			Gruppe d (n=95)			Gruppe s (n=90)		
			hm (n=75)	mb (n=20)	p-Wert	hm (n=72)	mb (n=18)	p-Wert
MC-Klausur	(max. 10 Punkte)		6,6±2,0	4,2±2,0	p<0,001	6,3±1,7	3,1±1,4	p<0,001
Durchschnittliche	Ausführungsbenotung (Noten 1-6)		3,0±0,7	3,0±0,6	p=0,522	3,2±0,7	3,1±0,5	p=0,354
OSCE-Score	(max. 38 Punkte)		19,1±5,6	19,3±5,2	p=0,581	17,4±5,7	16,3±5,5	p=0,495
Durchschnittliche	Einstellungsdauer (Sekunden)		32,3±15,5	32,6±15,4	p=0,949	37,7±15,8	37,6±15,9	p=0,981

4.1.5 Geschlechtsspezifische Unterschiede

Die geschlechtsspezifischen Unterschiede der in der Mehrzahl weiblichen Humanmedizinstudenten (w=99, m=48) werden nachfolgend gruppenspezifisch dargestellt. Studentinnen und Studenten der Gruppen d (w 6,6 vs. m 6,5; p=0,652) und s (w 6,6 vs. m 6,2; p=0,542) erreichten in Bezug auf die MC-Klausur vergleichbare Punktzahlen.

Geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Ausführungsbenotung konnten im Gegensatz zur Gruppe s (w 3,3 vs. m 2,7; p=0,007) in der Gruppe d (w 2,9 vs. m 3,0; p=0,436) nicht festgestellt werden. In der Gruppe d erreichten die Studentinnen eine bessere Benotung für das ventral-transversale Schnittbild (w 2,6 vs. m 3,1; p=0,025).

In der Gruppe s waren die männlichen Studenten ihren Kommilitoninnen bei den fünf Schnittebenen ventral-transversal (w 3,2 vs. m 2,6; p=0,018), ventral-transversal-innenrotiert (w 3,2 vs. m 2,4; p=0,002), ventral-longitudinal-innenrotiert (w 3,2 vs. m 2,4; p=0,019), lateral-longitudinal (w 3,6 vs. m 3,2; p=0,010) und dorsal-longitudinal (w 3,5 vs. m 2,7; p=0,013) in der Ausführungsbenotung überlegen.

Während sich in der Gruppe d (w 18,8 vs. m 19,6; p=0,535) keine unterschiedlichen OSCE-Scores zwischen Studenten und Studentinnen ergaben, wurden für diesen Prüfungsbereich in der Gruppe s bessere Bildbewertungen (w 16,5 vs. m=19,7; p=0,035) der männlichen Studenten erhoben.

Abweichende Bewertungen wurden dabei für die ventral-longitudinale (w 2,4 vs. m 2,9; p=0,017) und die lateral-transversale (w 2,2 vs. m 3,4; p=0,014) Schnittebene ermittelt.

Die durchschnittlich benötigte Zeit für d (w 30,4sec vs. m 35,4sec; $p=0,173$) und s (w 38,9sec vs. s 34,3sec; $p=0,280$) pro erstellter Schnittebene erwies in beiden Gruppen keine Geschlechtsabhängigkeit.

In der Doktorengruppe wurde ein signifikanter Unterschied für das ventral-transversale Schnittbild (w 32,7 vs. m 41,1; $p=0,041$) festgestellt. Die Studenten der Gruppe s stellten die lateral-transversale Schnittebene schneller als die Studentinnen ein (w 42,8 vs. m 24,4; $p=0,003$).

Die Prüfungsergebnisse männlicher und weiblicher Humanmedizinstudenten sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der verschiedenen Prüfungsergebnisse, die von männlichen und weiblichen Humanmedizinstudenten der Gruppen d und s erreicht wurden.

Prüfungsteil			Gruppe d (n=75)			Gruppe s (n=72)		
			w (n=46)	m (n=29)	p-Wert	w (n=53)	m (n=19)	p-Wert
MC-Klausur	(max. 10 Punkte)		6,6±2,1	6,5±2,1	$p=0,652$	6,6±1,7	6,2±1,7	$p=0,542$
Durchschnittliche Ausführungsbenotung (Noten 1-6)	Aus-		2,9±0,7	3,0±0,6	$p=0,436$	3,3±0,7	2,7±0,7	$p=0,007$
OSCE-Score	(max. 38 Punkte)		18,8±5,7	19,6±5,5	$p=0,535$	16,5±5,7	19,7±4,9	$p=0,035$
Durchschnittliche Stellungsdauer (Sekunden)	Ein-		30,4±15,6	35,4±14,9	$p=0,173$	38,9±16,0	34,3±14,7	$p=0,280$

4.1.6 Korrelationen zwischen quantitativ-objektiven Parametern

Der erreichte OSCE-Score korrelierte mit der Ausführungsbenotung ($r=-0,697$; $p<0,001$), der benötigten Zeit pro Schnittebene ($r=-0,279$; $p<0,001$) und dem Klausurergebnis ($r=0,233$; $p=0,001$).

Die Bewertung der Ausführung korrelierte mit der benötigten Zeit pro Schnittebene ($r=0,219$; $p=0,002$) und dem Klausurergebnis ($r=-0,194$; $p=0,007$).

4.2 Qualitativ-subjektive Parameter

4.2.1 Evaluation der Humanmedizinstudenten

4.2.1.1 Benotung der Wissensvermittlung

Die Doktorengruppe d bewertete die Vermittlung der Unterrichtsinhalte durch ihre Dozenten besser als die Studentengruppe s (d 1,9 vs. s 2,3; $p=0,002$).

Im theoretischen Teil wurden die Einführungen der Ärzte zu den Befunden (d 2,5 vs. s 3,0; $p=0,006$), den Standardschnittebenen (d 1,6 vs. s 2,0; $p=0,001$) und den Indikationen (d 2,0 vs. s 2,6; $p=0,003$) positiver als die jeweiligen Einführungen der PT beurteilt.

Der Lehre der praktischen Unterrichtsteile wurde für die ventral-transversale Schnittebene (d 1,6 vs. s 1,8; $p=0,049$), die ventral-longitudinale Schnittebene (d 1,7 vs. s 1,9; $p=0,043$), die ventral-longitudinale-innenrotierte Schnittebene (d 1,8 vs. s 2,6; $p<0,001$), die ventral-transversal-innenrotierte Schnittebene (d 1,7 vs. s 2,3; $p=0,001$) und die lateral-longitudinale-innenrotierte Schnittebene (d 2,1 vs. s 2,8; $p=0,001$) von der Doktorengruppe d besser benotet.

Die Benotung der Wissensvermittlung der Humanmedizinstudenten ist in der Tabelle 6 und der Abbildung 15 zusammenfassend dargestellt.

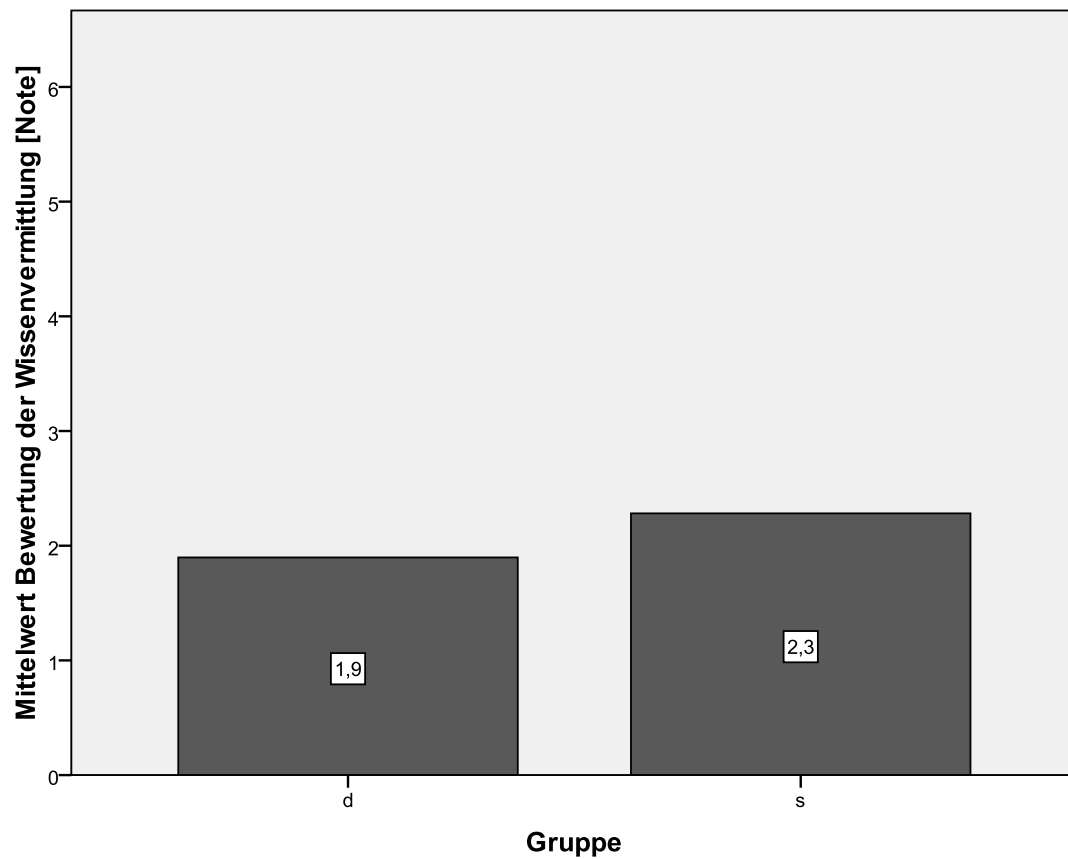


Abbildung 15: Durchschnittliche Benotung der Vermittlung der Unterrichtsinhalte.

Die Doktorengruppe d benotete die Vermittlung der Unterrichtsinhalte durch ihre ärztlichen Dozenten besser ($p=0,002$) als die Studentengruppe s, welche schwächere Noten für die Lehre der PT vergab.

Tabelle 6: Gruppenspezifischer Vergleich der Benotungen der Humanmedizinstudenten für die Vermittlung der einzelnen Unterrichtsinhalte. Dargestellt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Gruppen d und s und die entsprechenden p-Werte für die Unterschiede zwischen den Gruppen.

Bewertung	Gruppe		p-Wert
	d (n=75)	s (n=72)	
Gesamtdurchschnitt	1,9±0,6	2,3±0,7	p=0,002
Schallkopf	2,1±0,9	2,1±0,9	p=0,900
Untersuchungsablauf	2,0±0,8	2,3±1,0	p=0,196
Indikationen	2,0±0,9	2,6±1,1	p=0,005
Standardschnittebenen	1,6±0,7	2,0±0,8	p=0,001
Befunde	2,5±0,9	3,0±1,1	p=0,005
Ventral-transversal	1,6±0,7	1,8±0,7	p=0,049
Ventral-transversal-innenrotiert	1,7±0,8	2,3±1,2	p=0,002
Ventral-longitudinal	1,7±0,7	1,9±0,8	p=0,043
Ventral-longitudinal-innenrotiert	1,8±0,8	2,6±1,3	p<0,001
Lateral-transversal	1,9±0,9	2,0±0,9	p=0,284
Lateral-longitudinal	2,0±0,9	2,2±1,1	p=0,228
Lateral-longitudinal-innenrotiert	2,1±0,9	2,8±1,3	p=0,005
Dorsal-transversal	1,9±0,8	2,2±0,9	p=0,152
Dorsal-longitudinal	2,0±0,9	2,3±1,0	p=0,313

4.2.1.2 Unterrichtszufriedenheit

Die Aussagen zur Kompetenz der Dozenten (d 4,8 vs. s 4,2; $p<0,001$) und zum Spaßfaktor (d 4,8 vs. s 4,5; $p=0,003$) wurden durch die Studenten der Doktorengruppe zustimmender auf der Likert-Skala bewertet.

Die Frage nach einer guten Interaktion zwischen dem Dozenten und der Gruppe wurde von den Gruppen d und s zustimmend bewertet (d 4,6 vs. s 4,5; $p=0,190$). Items wie Gruppengröße (d 3,5 vs. s 3,1; $p=0,076$), Zeitmanagement (d 2,5 vs. s 2,9; $p=0,108$), Umfang des Lernstoffes (d 2,6 vs. s 2,7; $p=0,490$) und die direkte Anwendbarkeit der erworbenen praktischen Fertigkeiten (d 2,9 vs. s 2,7; $p=0,284$) wurden von beiden Gruppen neutral bewertet. Bei der Frage nach einer zukünftigen Rolle als Dozent äußerten sich beide Gruppen eher ablehnend (d 2,1 vs. s 2,3; $p=0,461$).

Die Doktorengruppe d unterstützte die Aussage, dass die Inhalte der Schultersonografie nur durch einen Arzt gelehrt werden können, deutlicher (d 3,1 vs. s 2,6; $p=0,002$). Beide Gruppen gaben jedoch insgesamt zu dieser Aussage neutrale Bewertungen ab. Der Lernerfolg wurde durch die Gruppe d höher eingestuft (d vs. s: 4,1 vs. 3,7; $p=0,010$).

Die ärztlich eingewiesenen Studenten wären weniger gerne in einer anderen Gruppe gewesen (d 1,2 vs. s 2,3; $p<0,001$) und bewerteten die Aussage zu offengebliebenen

Fragen weniger zustimmend als die durch PT eingewiesenen Studenten (d 2,2 vs. 2,8; $p=0,001$).

Die Angaben zur Unterrichtszufriedenheit der Humanmedizinstudenten sind in der Tabelle 7 und der Abbildung 16 zusammengefasst.

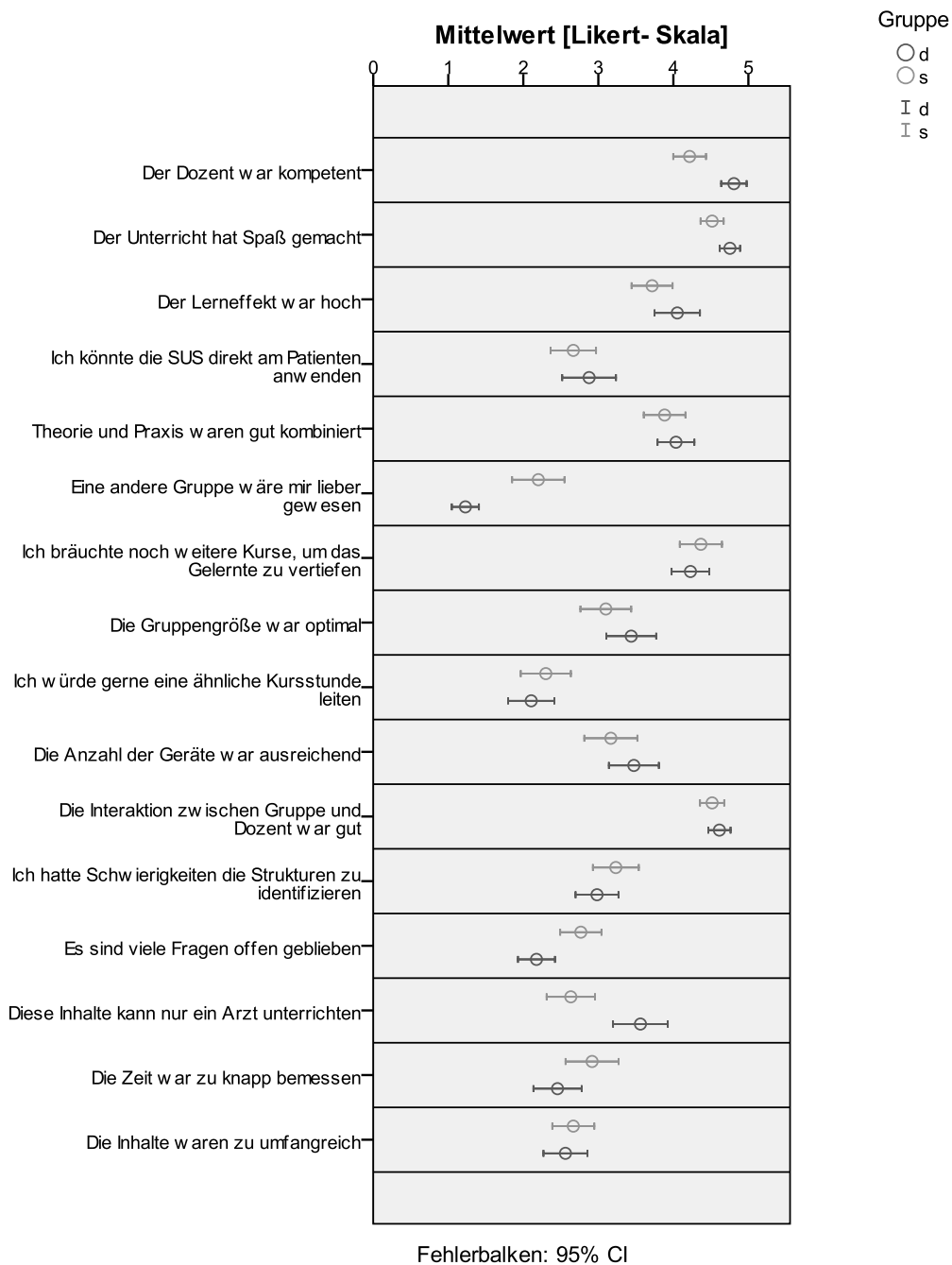


Abbildung 16: Subjektive Bewertung der Unterrichtseinheiten der Humanmedizinstudenten.

Zu jeder Fragestellung sind die Mittelwerte der Antworten auf der Likert-Skala (1=Ablehnung bis 5=Zustimmung) mit den zugehörigen Fehlerbalken (Konfidenzintervall=95%) für die Gruppen d (blau) und s (grün) aufgeführt.

Tabelle 7: Subjektive Bewertung der Unterrichtseinheiten der Humanmedizinstudenten mit Hilfe der Likert-Skala. Dargestellt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Gruppen d und s und die entsprechenden p-Werte.

Fragestellung	Gruppe		p-Wert
	d (n=75)	s (n=72)	
Der Dozent war kompetent	4,8±0,6	4,2±0,8	p<0,001
Der Unterricht hat Spaß gemacht	4,8±0,5	4,5±0,6	p=0,003
Der Lerneffekt war hoch	4,1±1,1	3,7±1,1	p=0,010
Ich könnte die Schultersonografie direkt am Patienten anwenden	2,9±1,4	2,7±1,2	p=0,284
Eine andere Gruppe wäre mir lieber gewesen	1,2±0,7	2,3±1,3	p<0,001
Ich bräuchte weitere Kurse, um das Gelernte zu vertiefen	4,2±0,9	4,4±1,1	p=0,153
Die Gruppengröße war optimal	3,5±1,3	3,1±1,3	p=0,076
Ich würde gerne eine ähnliche Kursstunde leiten	2,1±1,1	2,3±1,3	p=0,461
Die Anzahl der Geräte war ausreichend	3,5±1,3	3,1±1,4	p=0,147
Die Interaktion zwischen Dozent und Gruppe war gut	4,6±0,6	4,5±0,6	p=0,190
Ich hatte Schwierigkeiten die Strukturen zu identifizieren	3,0±1,1	3,2±1,2	p=0,287
Es sind viele Fragen offen geblieben	2,2±1,0	2,8±1,0	p=0,001
Nur Ärzte können diese Inhalte unterrichten	3,5±1,4	2,6±1,2	p<0,001
Die Zeit war zu knapp bemessen	2,5±1,2	2,9±1,4	p=0,108
Die Inhalte waren zu umfangreich	2,6±1,1	2,7±1,1	p=0,490
Theorie und Praxis waren gut kombiniert	4,1±1,0	3,9±1,1	p=0,226

4.2.2 Evaluation der Maschinenbaustudenten

4.2.2.1 Benotung der Wissensvermittlung

Die Maschinenbaustudenten beider Gruppen bewerteten den Unterricht einheitlich mit guten Noten. Für die durchschnittliche Benotung der Wissensvermittlung durch die Dozenten ergaben sich zwischen den Gruppen keine Unterschiede (d 2,2 vs. s 2,4; p=0,725). Keine Einzelbenotung für die Lehre der jeweiligen Unterrichtsinhalte ergab eine signifikante Abweichung.

Die Benotungen der Wissensvermittlung seitens der Maschinenbaustudenten sind in der Tabelle 8 zusammengefasst und Bestandteil der Abbildung 18.

Tabelle 8: Gruppenspezifischer Vergleich der Benotungen der Maschinenbaustudenten für die Vermittlung der einzelnen Unterrichtsinhalte. Dargestellt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Gruppen d und s und die entsprechenden p-Werte.

Bewertung	Gruppe		p-Wert
	d (n=20)	s (n=18)	
Gesamtdurchschnitt	2,2±0,8	2,4±0,6	p=0,745
Schallkopf	2,4±1,0	2,5±1,2	p=0,784
Untersuchungsablauf	2,1±0,8	2,5±0,9	p=0,202
Indikationen	2,8±1,2	3,0±0,8	p=0,596
Standardschnittebenen	2,0±1,0	2,1±1,3	p=0,970
Befunde	2,8±1,2	2,9±1,1	p=0,970
Ventral-transversal	1,7±0,8	1,8±0,7	p=0,611
Ventral-transversal-innenrotiert	1,8±0,8	2,0±0,6	p=0,654
Ventral-longitudinal	1,8±0,8	2,1±0,8	p=0,235
Ventral-longitudinal-innenrotiert	2,1±1,0	2,1±0,8	p=0,848
Lateral-transversal	2,5±1,4	2,5±0,8	p=0,706
Lateral-longitudinal	2,1±1,1	2,3±0,6	p=0,289
Lateral-longitudinal-innenrotiert	2,3±1,1	2,3±0,8	p=0,968
Dorsal-transversal	2,3±0,9	2,3±0,6	p=0,678
Dorsal-longitudinal	2,4±1,0	2,7±0,9	p=0,457

4.2.2.2 Unterrichtszufriedenheit

Die Fragen zur Unterrichtszufriedenheit ergaben nur in Bezug auf die Aussage zur Kompetenz des Dozenten verschiedene Bewertungen auf der Likert-Skala. Die Maschinenbaustudenten der Gruppe d empfanden dabei ihre ärztlichen Dozenten subjektiv als kompetenter (d 4,6 vs. s 4,1; p=0,029). Allerdings stufte auch die Gruppe s ihre Dozenten als kompetent ein.

Maschinenbaustudenten beider Gruppen bewerteten ihren unterrichtsbezogenen Spaßfaktor als hoch (d 4,3 vs. s 4,5; p=0,560) und empfanden die Interaktion von zwischen dem Dozenten und der Gruppe als positiv (d 4,3 vs. s 4,3; p=0,933). Das Bedürfnis die Gruppe zu wechseln war in beiden Gruppen gering (d 1,6 vs. s 1,7; p=0,575).

Generell äußerten sich die Maschinenbaustudenten zur eventuellen Übernahme vergleichbarer Lehrtätigkeiten eher ablehnend (d 1,7 vs. s 1,4; p=0,265) und waren nicht der Ansicht, dass nur Ärzte die Inhalte des MSUS vermitteln können (d 1,9 vs. s 2,1; p=0,574).

Während Maschinenbaustudenten der Gruppe s tendenziell angaben, dass ihnen die sonografische Identifikation der anatomischen Schulterstrukturen Schwierigkeiten bereitete, äußerten sich die Kommilitonen der Gruppe d neutral (d 3,3 vs. s 4,0; p=0,111). Die Aussage zum positiven Lerneffekt wurde von beiden Gruppen neutral bis eher zustimmend bewertet (d 3,5 vs. s 3,9; p=0,514).

Die Angaben zur Unterrichtszufriedenheit der Maschinenbaustudenten sind in der Tabelle 9 und der Abbildung 17 zusammengefasst.

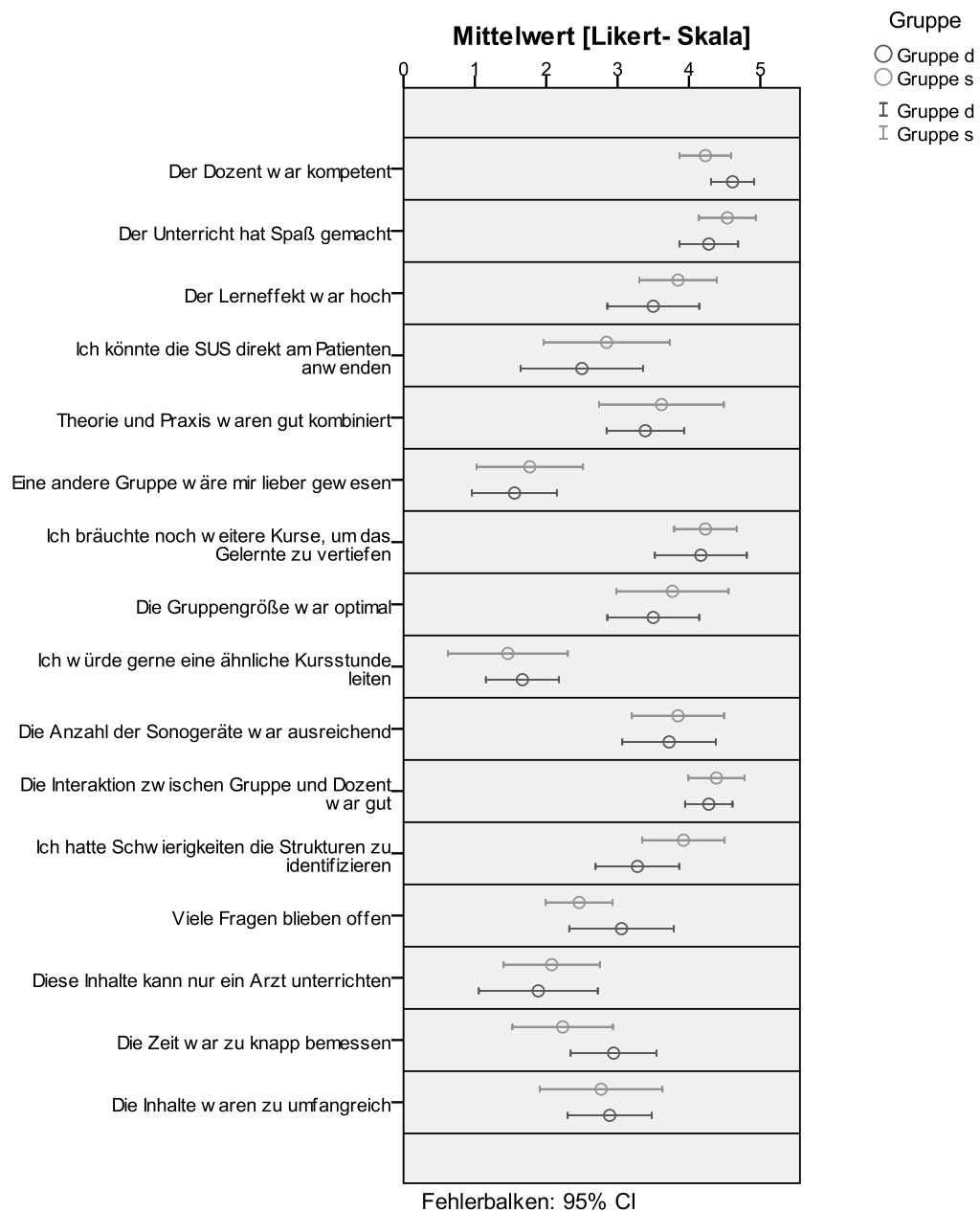


Abbildung 17: Subjektive Bewertung der Unterrichtseinheiten der Maschinenbaustudenten.

Zu jeder Fragestellung sind die Mittelwerte der Antworten auf der Likert-Skala (1=Ablehnung bis 5=Zustimmung) mit den zugehörigen Fehlerbalken (Konfidenzintervall=95%) für die Gruppen d (blau) und s (grün) aufgeführt.

Tabelle 9: Subjektive Bewertung der Unterrichtseinheiten der Maschinenbaustudenten mit Hilfe der Likert-Skala. Dargestellt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Gruppen d und s und die entsprechenden p-Werte.

Fragestellung	Gruppe		p-Wert
	d (n=20)	s (n=18)	
Der Dozent war kompetent	4,6±0,6	4,1±0,6	p=0,029
Der Unterricht hat Spaß gemacht	4,3±0,8	4,5±0,6	p=0,560
Der Lerneffekt war hoch	3,5±1,3	3,9±0,9	p=0,514
Ich könnte die Schultersonografie direkt am Patienten anwenden	2,5±1,7	2,7±1,4	p=0,736
Eine andere Gruppe wäre mir lieber gewesen	1,6±1,2	1,7±1,2	p=0,575
Ich bräuchte weitere Kurse, um das Gelernte zu vertiefen	4,2±1,3	4,3±0,7	p=0,772
Die Gruppengröße war optimal	3,5±1,3	3,6±1,3	p=0,716
Ich würde gerne eine ähnliche Kursstunde leiten	1,7±1,0	1,4±1,3	p=0,265
Die Anzahl der Geräte war ausreichend	3,7±1,3	3,7±1,1	p=0,826
Die Interaktion zwischen Dozent und Gruppe war gut	4,3±0,7	4,3±0,7	p=0,933
Ich hatte Schwierigkeiten die Strukturen zu identifizieren	3,3±1,2	4,0±0,9	p=0,111
Es sind viele Fragen offen geblieben	3,1±1,5	2,6±0,9	p=0,387
Nur Ärzte können diese Inhalte unterrichten	1,9±1,7	2,1±1,1	p=0,574
Die Zeit war zu knapp bemessen	3,0±1,2	2,4±1,3	p=0,180
Die Inhalte waren zu umfangreich	2,9±1,2	2,9±1,4	p=0,800
Theorie und Praxis waren gut kombiniert	3,4±1,1	3,4±1,5	p=0,778

4.2.3 Vergleich der Evaluation von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten

4.2.3.1 Benotung der Wissensvermittlung

Die durchschnittliche Benotung der Wissensvermittlung durch die jeweiligen Dozenten ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten der Gruppen d (hm 1,9 vs. mb 2,2; p=0,075) und s (hm 2,3 vs. mb 2,4; p=0,572).

Innerhalb der Gruppe d wurde lediglich die ärztliche Lehre der Indikationen durch die Maschinenbaustudenten schlechter bewertet (hm 2,0 vs. mb 2,8; p=0,009), während in der Gruppe s die Maschinenbaustudenten die durch PT erfolgte Vermittlung der lateral-transversalen Schnittebene weniger gut benoteten (hm 2,0 vs. mb 2,5; p=0,040).

Die Benotungen der Wissensvermittlung seitens der Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten sind in der Tabelle 10 und der Abbildung 18 zusammengefasst.

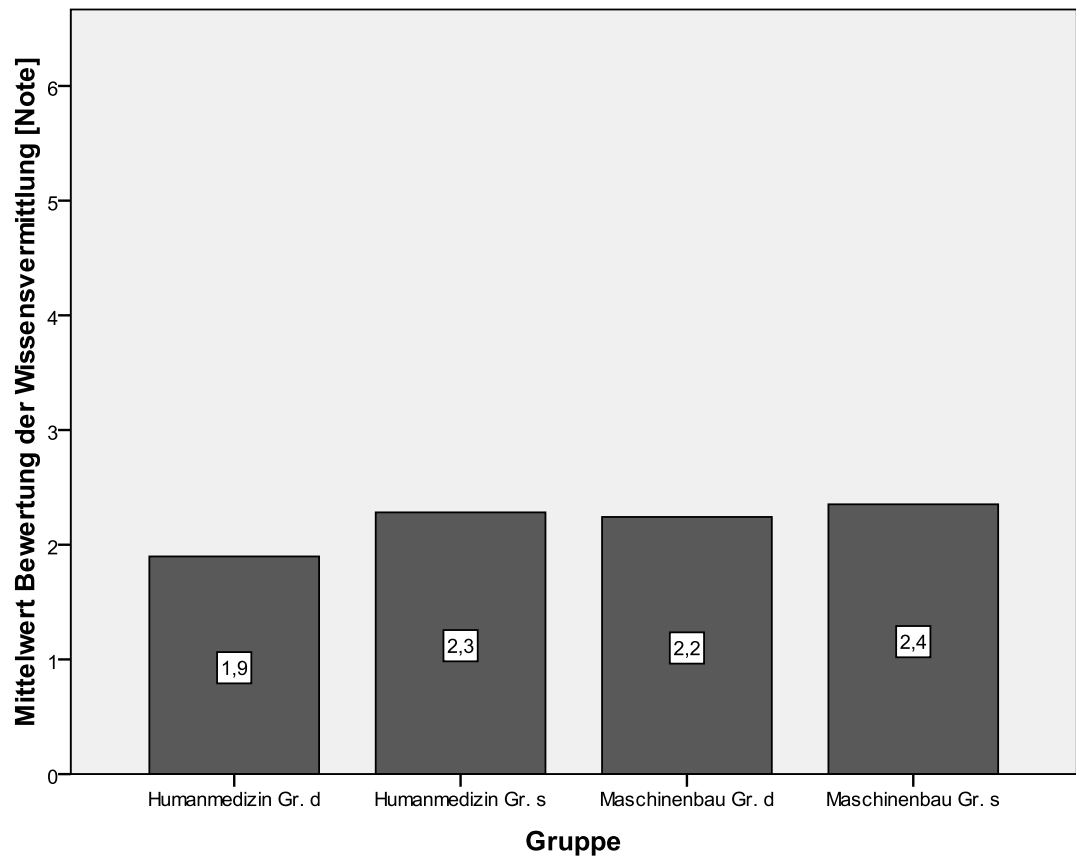


Abbildung 18: Durchschnittliche Benotung der Vermittlung der Unterrichtsinhalte.
Weder innerhalb der Gruppe d ($p=0,075$) noch innerhalb der Gruppe s ($p=0,572$) weichen die von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten vergebenen Noten signifikant voneinander ab.

Tabelle 10: Gruppenspezifischer Vergleich der Benotung für die Vermittlung der einzelnen Unterrichtsinhalte zwischen Humanmedizinerinnen und Maschinenbauern. Angegeben sind die jeweiligen Mittelwerte der Benotungen mit der Standardabweichung und den zugehörigen p-Werten.

Fragestellung	Gruppe d (n=95)			Gruppe s (n=90)		
	hm (n=75)	mb (n=20)	p-Wert	hm (n=72)	mb (n=18)	p-Wert
Gesamtdurchschnitt	1,9±0,6	2,2±0,8	p=0,075	2,3±0,7	2,4±0,6	p=0,572
Schallkopf	2,1±0,9	2,4±1,0	p=0,155	2,1±0,9	2,5±1,2	p=0,136
Untersuchungsablauf	2,0±0,8	2,1±0,8	p=0,688	2,3±1,0	2,5±0,9	p=0,298
Indikationen	2,0±0,9	2,8±1,2	p=0,009	2,6±1,1	3,0±0,8	p=0,145
Standardschnittebenen	1,6±0,7	2,0±1,0	p=0,092	2,0±0,8	2,1±1,3	p=0,789
Befunde	2,5±0,9	2,8±1,2	p=0,133	3,0±1,1	2,9±1,1	p=0,773
Ventral-transversal	1,6±0,7	1,7±0,8	p=0,449	1,8±0,7	1,8±0,7	p=1,000
Ventral-transversal-innenrotiert	1,7±0,8	1,8±0,8	p=0,392	2,3±1,2	2,0±0,6	p=0,312
Ventral-longitudinal	1,7±0,7	1,8±0,8	p=0,563	2,0±0,8	2,1±0,8	p=0,446
Ventral-longitudinal-innenrotiert	1,8±0,8	2,1±1,0	p=0,294	2,6±1,3	2,1±0,8	p=0,229
Lateral-transversal	1,9±0,9	2,5±1,4	p=0,104	2,0±0,9	2,5±0,8	p=0,040
Lateral-longitudinal	2,0±0,9	2,1±1,1	p=0,930	2,2±1,1	2,3±0,6	p=0,336
Lateral-longitudinal-innenrotiert	2,1±0,9	2,3±1,1	p=0,490	2,8±1,3	2,3±0,8	p=0,251
Dorsal-transversal	1,9±0,9	2,3±0,9	p=0,107	2,2±0,9	2,3±0,6	p=0,161
Dorsal-longitudinal	2,0±0,9	2,4±1,0	p=0,106	2,3±1,0	2,7±0,9	p=0,057

4.2.3.2 Unterrichtszufriedenheit

Die zukünftigen Ingenieure der Gruppe d hatten weniger Freude an der Lehre als die angehenden Ärzte (mb 4,3 vs. hm 4,8; $p=0,003$). Die Aussagen zu einer gelungen Kombination von Theorie und Praxis (hm 4,1 vs. mb 3,4; $p=0,009$) und zu einer positiven Interaktion zwischen dem Dozenten und der Gruppe (hm 4,6 vs. mb 4,3; $p=0,028$) bewerteten die Maschinenbaustudenten der Gruppe d weniger zustimmend als die Humanmedizinstudenten.

Medizinstudenten der Doktorengruppe bewerteten die Aussage, dass nur Ärzte die Inhalte des MSUS vermitteln könnten, neutral, während sie von den Maschinenbaustudenten als eher unzutreffend angesehen wurde (mb 1,9 vs. hm 3,5; $p<0,001$).

Innerhalb der Gruppe s hatten die anatomisch nicht vorgebildeten Maschinenbauer subjektiv größere Probleme, die anatomischen Strukturen der Schulter sonografisch zu identifizieren (mb 4,0 vs. mb 3,2; $p=0,044$). Die Aussage zu einer möglichen eigenen Dozententätigkeit wurde innerhalb der Gruppe s durch die Maschinenbaustudenten ablehnender bewertet (hm 2,3 vs. mb 1,4; $p=0,013$).

Die subjektiven Angaben zur Unterrichtszufriedenheit der Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten sind in der Tabelle 11 zusammengefasst.

Tabelle 11: Subjektive Bewertung der Unterrichtseinheiten durch Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten. Dargestellt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen gemäß der Likert-Skala der Gruppen d und s und die p-Werte für die Unterschiede zwischen den Gruppen.

Fragestellung	Gruppe d (n=95)			Gruppe s (n=90)		
	hm (n=75)	mb (n=20)	p-Wert	hm (n=72)	mb (n=18)	p-Wert
Der Dozent war kompetent	4,8±0,6	4,6±0,6	p=0,037	4,2±0,8	4,1±0,6	p=0,505
Der Unterricht hat Spaß gemacht	4,8±0,5	4,3±0,8	p=0,003	4,5±0,6	4,5±0,6	p=0,960
Der Lerneffekt war hoch	4,1±1,1	3,5±1,3	p=0,066	3,7±1,1	3,9±0,9	p=0,624
Ich könnte die Schultersonografie direkt am Patienten anwenden	2,9±1,4	2,5±1,7	p=0,490	2,7±1,2	2,7±1,4	p=0,845
Eine andere Gruppe wäre mir lieber gewesen	1,2±0,7	1,6±1,2	p=0,458	2,3±1,3	1,7±1,2	p=0,103
Ich bräuchte weitere Kurse, um das Gelernte zu vertiefen	4,2±0,9	4,2±1,3	p=0,823	4,4±1,1	4,3±0,7	p=0,252
Die Gruppengröße war optimal	3,5±1,3	3,5±1,3	p=0,995	3,1±1,3	3,6±1,3	p=0,153
Ich würde gerne eine ähnliche Kursstunde leiten	2,1±1,1	1,7±1,0	p=0,131	2,3±1,3	1,4±1,3	p=0,013
Die Anzahl der Geräte war ausreichend	3,5±1,3	3,7±1,3	p=0,430	3,1±1,4	3,7±1,1	p=0,143
Die Interaktion zwischen Dozent und Gruppe war gut	4,6±0,6	4,3±0,7	p=0,028	4,5±0,6	4,3±0,7	p=0,312
Ich hatte Schwierigkeiten die Strukturen zu identifizieren	3,0±1,1	3,3±1,2	p=0,397	3,2±1,2	4,0±0,9	p=0,044
Es sind viele Fragen offen geblieben	2,2±0,9	3,1±1,5	p=0,019	2,8±1,0	2,6±0,9	p=0,551
Nur Ärzte können diese Inhalte unterrichten	3,5±1,4	1,9±1,7	p<0,001	2,6±1,2	2,1±1,1	p=0,168
Die Zeit war zu knapp bemessen	2,5±1,2	3,0±1,2	p=0,151	2,9±1,4	2,4±1,3	p=0,224
Die Inhalte waren zu umfangreich	2,6±1,1	2,9±1,2	p=0,236	2,1±1,1	2,9±1,4	p=0,789
Theorie und Praxis waren gut kombiniert	4,1±0,9	3,4±1,1	p=0,009	3,9±1,1	3,4±1,5	p=0,348

4.2.4 Geschlechtsspezifische Unterschiede der Evaluation

Nachfolgend werden die geschlechtsspezifischen Unterschiede der in der Mehrzahl weiblichen Humanmedizinstudenten (w=99, m=48) zu ihren männlichen Kommilitonen gruppenspezifisch dargestellt.

In beiden Gruppen wurde die Wissensvermittlung durch die Dozenten einheitlich von beiden Geschlechtern benotet: d (w 1,9 vs. m 1,8; p=0,375) und s (w 2,2 vs. m 2,4; p=0,380). Ausschließlich in der Doktorengruppe benoteten männliche Studenten die Lehre der Befunde positiver (w 2,7 vs. m 2,1; p=0,025).

Innerhalb der Gruppen d und s konnten zu keiner Aussage in Bezug auf Unterrichts-

zufriedenheit keine geschlechtsspezifisch unterschiedliche Bewertungen ermittelt werden.

4.2.5 Selbsteinschätzungen von Ärzten und Peer-Tutoren

Ärzte und Studenten empfanden im Zusammenhang mit ihrer Lehrtätigkeit Spaß (d 4,6 vs. s 4,9; $p=0,166$), bewerteten die Interaktion zwischen der Gruppe und dem Dozenten als positiv (d 4,0 vs. s 4,4; $p=0,044$) und waren nicht mit dem Unterricht überfordert (d 1,1 vs. s 1,3; $p=0,531$).

Die Studenten waren zufriedener mit dem eigenen Unterricht (s 4,4 vs. d 3,7; $p=0,013$) und haben subjektiv stärker von ihrer Lehrerfahrung profitiert (s 4,8 vs. d 3,7; $p=0,010$). Ärzte und Studenten würden sich übereinstimmend wieder dazu bereit erklären einen ähnlichen Kurs zu leiten (s 4,7 vs. d 5,0; $p=0,102$). Sämtliche Dozenten bewerteten die Gruppengröße (d 3,0 vs. s 3,7; $p=0,249$) und ihre Vermittlung der Fertigkeiten (d 3,6 vs. s 3,7; $p=0,772$) neutral bis tendenziell zufriedenstellend.

Die Angaben zur Zufriedenheit mit der eigenen Lehrtätigkeit der Ärzte und PT sind in der Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Vergleich der Evaluation des eigenen Unterrichts von Ärzten und Studenten. Dargestellt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen gemäß der Likert-Skala von Ärzten und PT und die Signifikanzwerte für die Unterschiede zwischen beiden Gruppen.

Fragestellung	Gruppe		Sign.
	Studenten (n=9)	Ärzte (n=3)	
Ich war überfordert mit dem Unterricht	1,3±0,7	1,1±0,4	$p=0,531$
Das Unterrichten hat Spaß gemacht	4,9±0,3	4,6±0,5	$p=0,166$
Ich habe viel mitnehmen können	4,8±0,4	3,7±0,9	$p=0,010$
Die Kommilitonen haben die Techniken gut erlernt	3,7±0,7	3,6±0,5	$p=0,772$
Theorie und Praxis waren gut kombiniert	3,4±1,5	3,0±1,1	$p=0,530$
Ich war mit meinem Unterricht zufrieden	4,4±0,5	3,7±0,5	$p=0,013$
Ich hätte mehr Vorbereitungszeit benötigt	1,8±1,0	2,4±1,3	$p=0,264$
Die Gruppengröße war optimal	3,0±1,3	3,7±1,0	$p=0,249$
Ich hätte noch mehr Material zur Vorbereitung benötigt	1,7±0,5	2,4±1,0	$p=0,061$
Die Interaktion zwischen Gruppe und mir war gut	4,4±0,5	4,0±0,1	$p=0,044$
Viele Fragen blieben offen	2,1±1,4	3,0±1,1	$p=0,189$
Diese Inhalte kann nur ein Arzt unterrichten	2,3±0,7	2,6±0,8	$p=0,535$
Ich würde wieder einen ähnlichen Unterricht leiten	4,7±0,5	5,0±0,1	$p=0,102$
Die Zeit für den Kurs war zu knapp	2,7±1,5	4,0±0,8	$p=0,053$

4.2.6 Korrelationen zwischen quantitativ-objektiven und qualitativ subjektiven Daten

Die durchschnittliche Bewertung der Wissensvermittlung korrelierte mit der Ausführungsnote ($r=0,198$; $p=0,014$), der Gesamtpunktzahl ($r=-0,262$; $p=0,001$) und dem Klausurergebnis ($r=-0,165$; $p=0,041$).

Der subjektiv empfundene Lerneffekt korrelierte mit der Ausführungsnote ($r=-0,173$; $p=0,031$) und dem OSCE-Score ($r=0,164$; $p=0,041$).

Das Klausurergebnis korrelierte mit den folgenden Aussagen: „Viele Fragen blieben offen“ ($r=-0,177$; $p=0,027$), „Theorie und Praxis waren gut kombiniert“ ($r=0,179$; $p=0,025$), „Ich hatte Schwierigkeiten die Strukturen zu identifizieren“ ($r=-0,173$; $p=0,031$), „Die Inhalte waren zu umfangreich“ ($r=0,172$; $p=0,033$) und „Diese Inhalte kann nur ein Arzt unterrichten“ ($r=0,234$; $p=0,003$).

5. Diskussion

5.1 Lehrforschung auf dem Gebiet des MSUS

Die Forschung auf dem Gebiet der Ausbildung des muskuloskeletalen Ultraschalles (MSUS) konzentrierte sich bisher auf die Quantifizierung der Lernkurven, wobei die Bildaquisition von Experten als Referenz diente **8, 22**. Brown **10** entwickelte ein multidimensionales Evaluationsmodul mit einer zweigleisigen Strategie, bestehend aus quantitativen und qualitativen Techniken. Auch die Kombination aus theoretischer und praktischer Prüfung wurde empfohlen **36**.

In dieser Studie wurden sowohl quantitative als auch qualitative Daten und eine Kombination aus theoretischer und praktischer Prüfung zur Bewertung der Studenten genutzt. Als Referenz für die Bildbewertung dienten Darstellungen aus dem Atlas „Sonographie der Stütz- und Bewegungsorgane **28**.

Weiterhin veröffentlichten Brown et al. ein evidenzbasiertes, durch Spezialisten entwickeltes Ausbildungsrahmenprogramm, welches Standards für Ausbildung und Kompetenz aufstellt **10**. Auf die darin benannten Fertigkeiten konnte in dem Kurs dieser Studie unter Ausschluss pathologischer Veränderungen Bezug genommen werden.

Dass ein spezielles Training für das Erlernen des MSUS erforderlich ist, steht für viele Autoren fest, jedoch konnten bislang keine Übereinkünfte über die Ausbildungsinhalte und Methoden getroffen werden **20**. Einige Autoren beschreiben, dass Übungen mit einem Praxisanteil von 50-60 Prozent in Kleingruppen bis zu sechs Personen stattfinden sollten **5**. Diese Vorgaben konnten in dieser Studie für den Praxisanteil, jedoch nicht hinsichtlich der maximalen Teilnehmerzahl, erfüllt werden.

Viele Autoren hoben bislang die Komplexität des MSUS und die relativ lange notwendige Trainingszeit hervor, die für sichere diagnostische Kompetenzen notwendig ist **7, 22, 58**. Jedoch konnte andererseits auch gezeigt werden, dass es möglich ist, einem Novizen die Sonografie der Hüftregion innerhalb von drei Stunden durch einen erfahrenen Dozenten mit akzeptablen Ergebnissen zu vermitteln **8**. Die Bildqualität wurde von diesen Autoren nicht objektiv beurteilt.

Diese Studie sollte zeigen, ob auch minimal instruierte PT mit erfahrenen Dozenten vergleichbare Ergebnisse in der Lehre erzielen können, wobei die objektive Bewertung der Bildqualität miteinbezogen wurde. In anderen Studien wurden bislang nur grobe subjektive Bewertungssysteme genutzt und kein PAL angewendet **53**.

5.2 Erhebung quantitativ-objektiver Parameter

5.2.1 Theoretische Wissensabfrage

MC-Klausuren sind die effizienteste Form der schriftlichen Prüfung und als valide und reliabel anzusehen **19**. Bislang wurden schriftliche Prüfungen zusammen mit mündlichen Prüfungen am häufigsten zur Beurteilung von Studenten eingesetzt **19**. Die Empfehlung, dass MC-Klausuren in Verbindung mit praktischen Prüfungen angewendet werden sollten, um eine objektive Evaluation des Wissensstands zu ermöglichen **42**, konnte für die Prüfungen dieser Arbeit umgesetzt werden.

5.2.2 Praktische Wissensabfrage

Um praktische Fertigkeiten bewerten zu können, muss man die Prüflinge bei ihrer Vorgehensweise beobachten **41**. In anderen Studien wurden zur Erfassung des gelernten Wissens ebenfalls praktische OSCE-Prüfungen bereits erfolgreich verwendet **16, 19, 33, 62**.

Der von Boeckers et al. **9** beschriebene standardisierte Prüfungsablauf konnte auch in dieser Studie durch standardisierte Modelle, Fragestellungen und Bewertungsbögen und den daraus resultierenden konstanten Bedingungen realisiert werden. Der ausschließliche Einsatz erfahrener Prüfer sollte mögliche Fehlerquellen reduzieren.

Ein gewisser Zeit- und Personalaufwand musste für die Prüfungen erbracht werden. Zwar dauerte durch die Prüfungsvorgaben und Bewertungsbögen die Prüfung jedes einzelnen Studenten nicht länger als zehn Minuten, jedoch entstand durch die Prüfung von 194 Studenten eine Gesamtprüfungszeit von über 32 Stunden. Dieser Aufwand deckt sich teilweise den Aussagen von Jefferies et al. **33**, die OSCE-Prüfungen als zeit- und kostenintensiv bezeichnen. Allerdings war der Kostenaufwand nicht überhöht, da außer den vier ärztlichen Prüfern und den Gutachtern, welche die Schnittbilder auswerteten, kein weiteres Personal benötigt wurde. Weitere Kosten für die Geräte und die Räumlichkeiten entstanden nicht.

Die beschriebene Möglichkeit der Reduktion des Zeit- und Personalaufwandes dieses Prüfungsverfahrens **9**, konnte im Rahmen dieser Studie nicht bestätigt werden, da keine anderen Prüfungsformen zu Vergleichszwecken eingesetzt wurden.

Da in der vorliegenden Studie nur eine Prüfungsstation eingerichtet wurde, die jeweils mit einem Prüfer und einem freiwilligen Studenten als Modell besetzt war, entsprach die hier verwendete praktische Prüfung nicht klassischen OSCE-Prüfungen, bei denen viele verschiedene Prüfer und Prüfungen für ein hohes Maß an Objektivität sorgen **62**.

Allerdings wurden durch die vier verschiedenen Prüfungsteile (MC-Klausur, Ausführungsbenotung, OSCE-Score und Zeitmessungen), mit ihren auf die Schnittebenen bezogenen Einzelbewertungen, voneinander unabhängige und objektive Daten erhoben. Die von Nikendei et al **43**. für OSCE-Prüfungen empfohlenen Kompetenzen wie Kommunikationsfähigkeiten, Patientenmanagement und ethische Aspekte wurden im Rahmen dieser Studie nicht überprüft, da die Evaluation der praktischen Durchführung des MSUS im Vordergrund stand.

Bei OSCE-Prüfungen besteht die Möglichkeit, dass die Prüfer zu der Tendenz neigen, die Prüflinge in verschiedenen Bereichen ähnlich einzustufen, was eine potenzielle Fehlerquelle darstellt **33**. In dieser Studie galt diese Problematik lediglich für den Prüfungsteil der Ausführungsbewertung, da die Zeitmessungen unabhängig von subjektiven Einflüssen sind und die OSCE-Scores für die erstellten Schnittebenen von drei externen Gutachtern mit Hilfe eines standardisierten Bewertungssystems erstellt wurden.

Eine Absprache über die Prüfungsinhalte von vorangegangenen und nachfolgenden Prüflingen konnte nicht ausgeschlossen werden. An anderer Stelle **14** wurde in diesem Kontext beschrieben, dass Absprachen von Studenten bei OSCE-Prüfungen nicht zu besseren Ergebnissen führen.

5.2.3 Praktische Prüfungsmethoden dieser Studie

Für die Bewertung der Ausführungskompetenzen des MSUS wurde ein Notensystem von eins bis sechs verwendet, welches, wie von Carraccio & Englander **14** empfohlen, die Gesamteffizienz mit Hilfe einer vordefinierten Skala bewertet. Das Notensystem entspricht dabei bewusst nicht den traditionell bei OSCE-Prüfungen verwendeten binären Checklisten, welche nur zwischen korrekt und nicht korrekt unterscheiden **62**, um genauere Abstufungen für den Gruppenvergleich zu realisieren.

Die Bewertung der erstellten Bilder erfolgte nach Kriterien der Fachgesellschaften (DEGUM, EULAR), wobei die Vergabe des OSCE-Scores je nach Anzahl der korrekt dargestellten geforderten anatomischen Strukturen pro Schnitt erfolgte **1, 28**. Fernandez-Frackelton et al. **20** machten sich bereits erfolgreich die Auswertung der Bildausdrucke für die Bewertung von Probanden zunutze.

Zur weiteren Beurteilung der Studenten wurde die Zeit für jedes einzeln erstellte Schnittbild durch die Prüfer gemessen. Zeitmessungen sind objektiv und einfach durchzuführen. Daher waren sie ein Kriterium für die Bewertung der Studenten. Diese Form der Leistungsbeurteilung des MSUS wurde bereits angewendet **11, 20**.

5.3 Erhebung qualitativ-subjektiver Parameter

Die Evaluation der Lehre ist für die Kommunikation zwischen Studierenden und Dozenten von großer Bedeutung **44**. Durch die anonymisierte Erhebung subjektiver Empfindungen der Studenten kann die Lehrevaluation einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Ausbildung leisten.

Die Evaluationen sollten möglichst umfangreich, detailgenau und prägnant sein und alle Ebenen der Lehrqualität abdecken **46**. Diese Empfehlung wurde für das Erstellen der Erhebungsbögen berücksichtigt.

Da neben den eigentlichen Lehrinhalten auch die Art der Wissensvermittlung für die Nachhaltigkeit des Gelernten von Bedeutung ist **31**, wurden in dieser Studie auch die subjektiven Empfindungen zum dargebotenen Unterricht untersucht.

Es wurden standardisierte Antwortmöglichkeiten gemäß einer Likert-Skala eingesetzt, wie sie auch von anderen Autoren empfohlen werden **44, 46**. Außerdem konnten die Vermittlung der einzelnen Unterrichtsinhalte der jeweiligen Dozenten durch ein Notensystem von eins bis sechs beurteilt werden.

5.4 Quantitativ-objektive Parameter

5.4.1 Ergebnisse der Humanmedizinstudenten

5.4.1.1 MC-Klausur

Alle Gruppen konnten über 60 Prozent der anspruchsvollen Klausurfragen korrekt beantworten. Die PT der Gruppe s+ mit erreichten mit 8,1 von 10 Punkten die besten Klausurergebnisse und den Gruppen d ($p=0,019$) und s ($p=0,004$) überlegen. Da die PT sich als einzige Gruppe mit Hilfe von Atlanten theoretisch auf den Unterricht vorbereiteten, erscheinen die besseren Klausurergebnisse plausibel.

Die Ergebnisse von ärztlich und studentisch eingewiesenen Studenten unterschieden sich nicht, ($p=0,274$) weswegen davon auszugehen ist, dass sowohl Ärzte als auch Studenten die theoretischen Inhalte der Schultersonografie adäquat vermittelten. Diese vergleichbaren Klausurergebnisse der Gruppen d und s decken sich mit Ergebnissen anderer Autoren, die keine unterschiedlichen schriftlichen Leistungen zwischen ärztlich und studentisch ausgebildeten Gruppen feststellen konnten **35**.

5.4.1.2 OSCE-Ergebnisse der Peer-Tutoren

Die PT der Gruppe s+ erreichten durchschnittlich bessere Ausführungsbenotungen als die Gruppen d ($p=0,015$) und s ($p=0,001$). Da die Vermittlung der korrekten Ausführung ein bedeutender Bestandteil des Unterrichts der PT war, sind diese guten Ausführungsbenotungen nachvollziehbar.

Auch ihre Leistungen in Bezug auf den OSCE-Score für die erstellten Schnittebenen waren im Vergleich zu den Gruppen d ($p<0,001$) und s ($p<0,001$) erhöht. Die hohen OSCE-Scores der PT lassen sich durch die 30-minütige ärztliche Vorschulung und die eigene Vorbereitung auf den Unterricht begründen. Außerdem hatten die PT durch die Vorbereitung mit Hilfe der Atlanten und der CD die korrekten Darstellungen der Standardschnittebenen am besten vor Augen.

Die PT erstellten die einzelnen Schnittebenen durchschnittlich am schnellsten, wobei der Unterschied gegenüber der Gruppe d ($p=0,120$), im Gegensatz zu dem gegenüber der Gruppe s ($p=0,011$), nicht signifikant war. Diese schnellere durchschnittliche Einstellungszeit dürfte unter anderem auf ihre längere Übungszeit zurückzuführen sein. Die PT orientierten sich aufgrund ihrer Vorbildung mutmaßlich besser an anatomischen Landmarken zum Ansetzen des Schallkopfes, woraus ein schnelleres Einstellen der Schnittebenen resultierte.

Die vergleichbar schnelle mittlere Einstellungszeit gegenüber der Gruppe d legt dar, dass das ärztliche Training und die selbstständige Vorbereitung auf den Unterricht nicht ausreichten, um den PT noch schnellere Einstellungszeiten zu garantieren. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie weit die mittlere Einstellungszeit überhaupt absinken und dabei trotzdem noch qualitativ hochwertige Bilder gewährleisten kann.

Nachfolgende Studien müssten evaluieren, welche mittleren Einstellungszeiten schulter-sonografisch erfahrene Untersucher für die Erstellung der Schnittebenen benötigen, um die in dieser Studie erhobenen Werte genauer einordnen zu können.

Insgesamt waren die PT durch ihre eigene Lehrtätigkeit, die Vorbereitung in Eigenregie und die kurzgehaltene ärztliche Einweisung ihren Kommilitonen in sämtlichen Prüfungsbereichen überlegen.

Positive Lerneffekte, die durch eigene Lehraufgaben entstehen, wurden in bereits nachgewiesen **12, 34, 35**. Die erhobenen Ergebnisse stützen Aussagen von Weyrich et al. **62** sowie Cate & Durning **16**, die beschrieben, dass PT eine höhere Motivation und ein größeres Interesse haben und sich aktiver am Unterricht beteiligen und somit insgesamt bessere Ergebnisse erzielen.

5.4.1.3 OSCE-Ergebnisse der Doktoren- und Studentengruppe

Die Ausführungsbenotungen und die OSCE-Scores ärztlich und studentisch eingewiesener Studenten unterschieden sich nicht. PT waren somit nach den vorliegenden Ergebnissen in der Lage Ausführungs- und Bilderstellungskompetenzen mit der gleichen Effektivität wie ihre ärztlichen Kollegen zu lehren.

In der Vergangenheit wiesen zwei weitere Studien die Effektivität von PAL anhand simpler technischer Fähigkeiten nach **56**, **63**. Auch die Möglichkeit der Nutzung von minimal instruierten PT in der Studentenausbildung des MSUS wurde belegt **38**.

Die erhobenen Daten bestätigen nicht die Aussagen von Backhaus et al. **7**, die den Unterricht durch einen erfahrenen Dozenten als eine Grundvoraussetzung für ein ziel führendes Training auf dem Gebiet des muskuloskelettalen Ultraschalls ansehen.

Die gemessenen Zeiten zeigten Unterschiede zwischen den ärztlich und durch PT unterwiesenen Gruppen ($p=0,041$). Vermutlich konnten die ärztlichen Dozenten nützlichere Hilfestellungen zur Auffindung der Schnittebenen vermitteln, da ihre Studenten schneller arbeiteten als die von PT unterrichteten Studenten.

Dennoch erreichte auch die Gruppe s mit durchschnittlich 37sec akzeptable durchschnittliche Einstellungszeiten. Vergleichbar schnelle Einstellungszeiten der Gruppen d und s wären vermutlich nur durch ein intensiveres Training der PT realisierbar gewesen. Die Ergebnisse der Humanmedizinstudenten der Gruppen d und s verdeutlichen, abgesehen von der durchschnittlich benötigten Zeit je Schnittebene, keine bessere Wissensvermittlung ärztlicher Dozenten gegenüber PT.

In Bezug auf POL-Seminare konnte belegt werden, dass durch PT unterrichtete Gruppen nicht schlechter bei OSCE-Prüfungen abschneiden als konventionell unterrichtete Kommilitonen **35**. Graham et al. **26** beschrieben im Bezug auf diagnostische Fähigkeiten am Bewegungsapparat ähnlich gute Resultate von Studenten, die durch PT unterrichtet wurden. Allerdings wurden die PT in dieser Studie intensiv vorbereitend geschult und verfügten über eine längere Unterrichtszeit. Weiterhin mussten sie vorherige schriftliche Leistungskontrollen ablegen.

Nun konnte nachgewiesen werden, dass PT, die sich weitestgehend selbst mit entsprechendem Material auf den Unterricht vorbereiteten und lediglich minimale ärztliche Instruktionen erhielten, ihre Studenten in Bezug auf die Ausführungskompetenz und die Bilderstellung in gleichem Maße wie ärztliche Dozenten ausbilden können.

5.4.2 Nachprüfungsergebnisse

Bereits Harter et al. 29 haben zum Vergleich verschiedener Lehrformen Nachprüfungen genutzt. Diese Autoren verglichen Gruppen- und Frontalunterricht und wählten allerdings einen früheren Nachprüfungstermin nach sechs bis acht Wochen.

Der Nachprüfungstermin wurde bewusst ein Jahr nach der ersten Prüfung gewählt, um so die Nachhaltigkeit über einen vergleichsweise langen Zeitraum erfassen zu können. Die Haltbarkeit des erlernten Wissens hat auch nach Ansicht anderer Autoren eine große Bedeutung, da sie ein Garant für ein sicheres Vorgehen am Patienten ist 49.

Der MSUS ist kein normaler Bestandteil der medizinischen Ausbildung und begegnet den Studenten in der Regel nicht in ihrem Stationsalltag. Deswegen wurden für die MC-Klausur dozentenunabhängig deutliche Wissensabfälle in beiden Gruppen (d $p=0,006$ und s $p=0,002$) ermittelt.

Davon lässt sich ableiten, dass ein einmaliges Erlernen der theoretischen Inhalte nicht ausreichen kann, um nachhaltiges Wissen zu vermitteln. Nachfolgende Studien müssten zeigen, wie sich weitere Kurse oder andere Lehrmethoden auf die Haltbarkeit des theoretischen Wissens auswirken.

Da auch in der Nachprüfung keine höheren Punktzahlen bei der MC-Klausur in einer der Gruppen ermittelt wurde ($p=0,498$), kann davon ausgegangen werden, dass PT das theoretische Wissen ebenso nachhaltig wie Ärzte vermitteln konnten.

Die durchschnittliche Ausführungsnote veränderte sich in den Gruppen d ($p=0,427$) und s ($p=0,874$) nicht. Diese erhaltene Kompetenz der Ausführung könnte durch den im Verlauf des Studiums zunehmenden Kontakt mit der Sonografie aber auch durch die vergleichsweise einfach zu erlernenden und einprägsamen Basisfertigkeiten des MSUS des Schultergelenkes bedingt sein.

Sowohl die konventionelle Ausbildung als auch das PAL sorgten für vergleichbar gute Ausführungsbenotungen in der Nachprüfung, was für eine nachhaltige Wissensvermittlung der PT spricht.

Der OSCE-Score für die erstellten Schnittbilder verschlechterte sich nur für die Gruppe s ($p=0,008$), während die Gruppe d ($p=0,085$) das Niveau der ersten Prüfungsergebnisse nahezu aufrechterhalten konnte. Vermutlich vermittelten Ärzte gegenüber PT die korrekten Standardbilder mit den entsprechenden anatomischen Strukturen einprägsamer.

Bei näherer Betrachtung der OSCE-Scores für die einzelnen Bilder ließen sich in beiden Gruppen für jeweils drei der acht Schnittebenen signifikant schwächere Punktzahlen ermitteln, weshalb sich die Aussage treffen lässt, dass ärztliche Dozenten den PT bei der

nachhaltigen Vermittlung der Standardschnittebenen nicht allzu deutlich überlegen waren. Diese Annahme wird dadurch bestärkt, dass die Studenten der Gruppe d ihren Kommilitonen der Gruppe s in der Nachprüfung nicht signifikant überlegen waren ($p=0,318$).

Die mittlere Zeit für die Einstellung der Schnittebenen blieb in beiden Gruppen konstant (d $p=0,335$ und s $p=0,420$), da vermutlich die Kompetenz mit dem Umgang des Sonografiegerätes erhalten blieb, eventuell durch andere klinische Erfahrungen ausgebaut und durch ärztliche Dozenten sowie PT nachhaltig vermittelt wurde.

Es besteht allerdings die Möglichkeit, dass die Studenten gruppenunabhängig insgesamt schneller mit ihren Bildern zufrieden waren, da sie ein weniger detailliertes Idealbild vor Augen hatten.

Für das Studentenkollektiv der Nachprüfung galt, dass die Gruppe s auch ein Jahr nach der ersten Prüfung die Bilder nicht langsamer als die Gruppe d erstellte ($p=0,175$). PT waren aus diesem Grund genau wie ärztliche Dozenten in der Lage die Kompetenzen für eine zügige Bilderstellung einprägsam zu unterrichten.

Zusammenfassend lässt sich anhand der vorliegenden Daten sagen, dass PT den MSUS ebenso nachhaltig wie ärztliche Dozenten vermittelten, was allerdings in Bezug auf die OSCE-Scores für die Bilderstellung nur eingeschränkt gilt.

5.4.3 Ergebnisse der Maschinenbaustudenten

PT vermittelten die theoretischen Inhalte an Maschinenbaustudenten ebenso erfolgreich wie ärztliche Dozenten, da sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen d und s der Maschinenbaustudenten ergab ($p=0,057$).

Auch die praktischen Inhalte des MSUS konnten die jeweiligen Dozenten vergleichbar gut an ihre zugehörigen Gruppen vermitteln, was sich an der ermittelten Ausführungsnote ($p=0,814$), dem OSCE-Score für die erstellten Schnittebenen ($p=0,093$) und der benötigten Zeit pro erstellter Schnittebene ($p=0,338$) erkennen lässt.

Da die anatomische Grundausbildung der PT selbst noch nicht lange zurücklag konnten sie sich vermutlich gut in die Lage Maschinenbaustudenten hineinversetzen und somit Vorteile der beschriebenen kognitiven Kongruenz 17 nutzen und so mögliche Defizite der eigenen Lehrtätigkeit ausgleichen.

Im Zusammenhang mit der kardiopulmonalen Reanimation konnte nachgewiesen werden, dass Studenten medizinischen Laien praktische Fertigkeiten vermitteln können und selbst davon profitieren 47. Minimal instruierte PT gelang es nach den vorliegenden Daten, anatomisch nicht vorgebildeten Studenten Basisfertigkeiten des MSUS des

Schultergelenks zu vermitteln und waren dabei erfahrenen ärztlichen Dozenten nicht unterlegen.

Diese Ergebnisse untermauern die bereits nachgewiesene Effektivität des PAL **38, 56, 63** und zeigen zusätzliche Einsatzmöglichkeiten von PT auf. Die Übernahme von Lehr-tätigkeiten durch PT ist demnach bereits zu einem frühen Studienzeitpunkt vorstellbar.

5.4.4 Vergleich von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten

Sowohl in der Doktorengruppe d ($p < 0,001$) als auch in der Studentengruppe s ($p < 0,001$) waren die Humanmedizinstudenten den Maschinenbaustudenten mit ihrem theoretischen Wissen signifikant überlegen. Weder ärztliche Dozenten noch PT waren imstande die mangelnde anatomische Vorbildung der Maschinenbaustudenten in einer Unterrichtseinheit zu kompensieren und so ein den Humanmedizinstudenten vergleichbar gutes Klausurergebnis zu ermöglichen.

Weil die Unterrichtseinheiten vorwiegend auf den praktischen Anteil ausgelegt waren, verfügten die Dozenten nicht über eine ausreichende Zeitspanne, um die Anatomie der Schulter mit den dazugehörigen Fachbegriffen an die Maschinenbaustudenten zu vermitteln. Da für die Klausur anatomische Fachbegriffe unabdingbar waren, ist das schlechtere Ergebnis der Maschinenbaustudenten in beiden Gruppen eine verständliche Konsequenz.

Im Verlauf der OSCE-Prüfung konnten in den Gruppen d und s für die Ausführungsbenotung (d $p = 0,522$ und s $p = 0,354$), für den OSCE-Score in Bezug auf die erstellten Schnittebenen (d $p = 0,862$ und s $p = 0,495$) und für die Zeit, welche durchschnittlich für die Erstellung einer Schnittebene benötigt wurde (d $p = 0,949$ und s $p = 0,981$), keine Unterschiede zwischen Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten ermittelt werden.

Die Ergebnisse der praktischen Wissensabfrage von Maschinenbau- und Humanmedizinstudenten verdeutlichen, dass anatomische Vorkenntnisse keine Grundvoraussetzung zum Erlernen des MSUS sind. Somit können den vorliegenden Daten nach solche diagnostischen Basisfertigkeiten bereits zu Studienbeginn in die Lehre miteinbezogen werden.

Diese Ergebnisse widersprechen der Ansicht, dass eine gute anatomische Kenntnis des Schultergelenks für die Schultersonografie unabdingbar ist **7, 30**. Möglicherweise hatten die nicht vorgebildeten Maschinenbaustudenten ein größeres Interesse, ihnen vollkommen unbekannte medizinische Inhalte zu erlernen und konnten so ihren Ausbildungsrückstand kompensieren. Diese Annahme wird durch Aussagen von Schneider et al. **49**, welche besagen, dass operativ unerfahrene Studenten motivierter an modellhafte praktische Tätigkeiten herangehen, unterstützt.

Tilsner et al. 55 wiesen nach, dass medizinische Vorkenntnisse sich lediglich positiv auf Prüfungen auswirken, die vor Beginn eines medizinischen Kurses stattfinden. Nach Abschluss des Kurses glichen sich die Ergebnisse von vorgebildeten und nicht vorgebildeten Studenten an, und nur die nicht vorgebildeten Studenten hatten einen signifikanten Wissenszuwachs. Dieser wurde in der vorliegenden Studie nicht ermittelt, da keine Prüfung vor Beginn des Kurses stattfand.

Weiterhin lässt sich anhand der erhobenen Daten formulieren, dass PT Ärzten bei der Vermittlung des MSUS an medizinische Laien im Vergleich zu erfahreneren Humanmedizinstudenten nicht unterlegen waren. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass PT schon zu Beginn des Medizinstudiums Lehraufgaben übernehmen können.

5.4.5 Geschlechtsspezifische Unterschiede der Prüfungsergebnisse

Während ärztlich eingewiesene Studenten und Studentinnen in sämtlichen Prüfungen vergleichbare Ergebnisse erzielten, waren Studentinnen der Gruppe s ihren Kommilitonen in den Bereichen Ausführungsbenotung ($p=0,007$) und OSCE-Score für die Bilderstellung ($p=0,035$) unterlegen.

Anhand der Prüfungsergebnisse lässt sich die Aussage treffen, dass der Unterricht durch PT, im Gegensatz zum Unterricht durch ärztliche Dozenten, sich bei beiden Geschlechtern als unterschiedlich effektiv erwies und teilweise schlechtere Ergebnisse der Studentinnen zur Folge hatte.

Ursachen für diese Ergebnisse könnte eine größere Skepsis weiblicher Studenten gegenüber dem PAL und eine daraus resultierende geringere Lernbereitschaft sein. Es ist nicht auszuschließen, dass Studentinnen eher als Studenten auf eine hierarchisch höhergestellte Lehrkraft für ein optimales Ausbildungsergebnis angewiesen sind.

Subjektiv schlechtere Beurteilungen weiblicher Studenten durch die Prüfer oder tatsächlich schwächere Kompetenzen der praktischen Durchführung des MSUS können ausgeschlossen werden, da in der Gruppe d keine geschlechtsspezifischen Unterschiede ermittelt wurden.

Kelly & Dennik 37 beschrieben bessere Leistungen männlicher Studenten im Zusammenhang mit anatomischen Prüfungsinhalten, ließen jedoch die Ursachen für diese abweichenden Beurteilungen offen und untersuchten nicht den geschlechtsspezifischen Effekt des PAL.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie konnten Fischer et. al 24 in Bezug auf OSCE-Prüfungen ärztlicher Basisfertigkeiten nachweisen, dass Studentinnen einen besseren Gesamteindruck hinterließen, jedoch einzelne Fertigkeiten nicht besser

beurteilt wurden. Diese Autoren äußerten auch, dass nicht abschließend zu klären sei, ob diese abweichenden Ergebnisse durch tatsächlich bessere Fähigkeiten weiblicher Studenten begründet werden können oder ob weibliche Studenten lediglich subjektiv positiver bewertet wurden.

Nachfolgende Studien müssten die Rolle des Geschlechts von Studenten, die durch PT unterrichten werden, weiter untersuchen.

5.4.6 Korrelationen zwischen den Prüfungsergebnissen

Das Ergebnis der MC-Klausur korrelierte mit der Ausführungsnote ($r=-0,216$, $p=0,003$) und mit dem OSCE-Score ($r=0,233$, $p=0,001$). Somit konnten in dieser Studie Aussagen von McCoubrie 42 bestätigt werden, die die Beurteilung kognitiver Leistungen durch MC-Klausuren auch mit der Gesamtkompetenz der Prüflinge in Zusammenhang bringen.

Die Zusammenhänge von Ausführungsbenotung, der Zeit ($r=0,224$, $p=0,002$) und der Gesamtpunktzahl ($r=-0,677$, $p<0,001$) verdeutlichen, dass die Ausführungskompetenz von großer Bedeutung für ein schnelles Arbeiten und für die korrekte Bilderstellung zu sein scheint. Da die Bewertung der Ausführung und die Bewertung der Bilder zeitversetzt durch unabhängige Prüfer durchgeführt wurden, zeigen die Ergebnisse, dass beide Verfahren zu einer objektiven Bewertung beitragen konnten.

Die Einstellungsdauer korrelierte mit der Gesamtbewertung der Bilder ($r=-0,279$, $p<0,001$). Dieser Zusammenhang wird durch die Daten von Schneider et al. 49, die Zeitmessungen nutzten, um den Lernerfolg von Endoskopietrainingseinheiten zu objektivieren, bestätigt. Ein schnelleres Arbeiten bedeutete für diese Autoren eine bessere Kenntnis der erlernten praktischen Fähigkeiten. Im Umkehrschluss zeigt die in dieser Studie ermittelte Beziehung der Einstellungsdauer zur Bildbewertung, dass ein langsames Einstellen der Schnittebenen keine besseren Bilder hervorbringt und eher als Unsicherheitszeichen zu bewerten ist.

Die Zusammenhänge der Prüfungsergebnisse veranschaulichen, dass die Zahl und die einzelnen Prüfungsmethoden sich gegenseitig bestätigen und zu einem objektiven Gesamtergebnis beitragen konnten.

5.5 Qualitativ-subjektive Parameter

5.5.1 Evaluation der Humanmedizinstudenten

Beide Gruppen bewerteten ihren Unterricht mit guten Noten (d 1,9 und s 2,3), was verdeutlicht, dass sie grundsätzlich mit der Vermittlung der Kenntnisse zufrieden waren. Allerdings bewerteten die Gruppe d die Wissensvermittlung besser ($p=0,002$) als die Gruppe s.

Diese unterschiedlichen Bewertungen könnten mit generell positiveren Beurteilungen vertrauter Lehrstrukturen zusammenhängen, während neue Lehrstrukturen kritischer betrachtet werden. In diesem Zusammenhang spielte vermutlich auch die hierarchische Ordnung in der Lehre eine Rolle, indem höhergestellte Dozenten besser beurteilt werden als PT, zu denen keine hierarchische Distanz besteht.

Die Möglichkeit, dass die Vermittlung des MSUS durch PT tatsächlich im Vergleich zu den ärztlichen Dozenten weniger professionell war, ist ebenfalls nicht auszuschließen. Allerdings deuten die weitestgehend vergleichbar guten Prüfungsergebnisse der Gruppen d und s eher darauf hin, dass die Wissensvermittlung durch PT zwar subjektiv als schlechter empfunden wurde, jedoch nicht weniger effektiv war.

Die qualitativen Daten zeigen eine komfortable Lernumgebung, welche durch die PT, aber auch durch die ärztlichen Tutoren, geschaffen wurde. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit anderen Studien **21, 32, 64**. Insgesamt konnte eine breite Zufriedenheit mit Zustimmungswerten >4 auf der Likert-Skala in Bezug auf den Spaß am Unterricht und die Kompetenz der Dozenten evaluiert werden, weswegen davon auszugehen ist, dass der Unterricht von beiden Gruppen positiv angenommen wurde. Diese Ergebnisse decken sich mit anderen Aussagen **33, 62**, die gute Zufriedenheitswerte für PT evaluieren konnten, ohne einen Vergleich mit ärztlichen Dozenten anzustreben.

Die ärztlich geleiteten Gruppen hatte noch mehr Freude ($p=0,003$) am Unterricht und fanden ihre Dozenten kompetenter ($p<0,001$). Diese ausgeprägteren Zufriedenheitswerte könnten sowohl mit einem besseren Unterricht durch die Ärzte als auch mit einer kritischeren Beurteilung der PT zusammenhängen.

Schon Strober **52** hob den möglichen negativen Einfluss von Vorurteilen auf die Bewertung von PT durch Studenten hervor. Diesen Vorurteilen könnte durch adäquates Training der PT unter Einbeziehung von effektiven Lehr- und Lernstrategien entgegengesteuert werden **32, 60**. Allerdings würde ein ausgeweitetes Training einen deutlichen Mehraufwand für die Lehrverantwortlichen bedeuten, weswegen genau abgewogen werden muss, welche Mittel für die Ausbildung der PT zur Verfügung gestellt werden sollten. Vorteile der aus der kognitiven Kongruenz resultierenden gesteigerten Unter-

richtszufriedenheit **16** konnten nicht nachgewiesen werden.

Unabhängig von der Gruppe hatte die Mehrzahl der Studenten kein erhöhtes Bedürfnis die Gruppe zu wechseln, was ein weiteres Indiz für eine hohe Unterrichtszufriedenheit ist. Allerdings hatten die Studenten der Doktorengruppe ein noch geringeres Wechselbedürfnis ($p < 0,001$). Diese Studenten waren auch eher der Ansicht, dass nur Ärzte diese Inhalte vermitteln können ($p = 0,002$). Dies verdeutlicht, dass Vorbehalte gegen das PAL insbesondere bei Studenten bestehen, die dieses Lehrkonzept noch nicht kennengelernt haben. Im Umkehrschluss scheinen die Erfahrungen mit dem PAL die Vorbehalte gegenüber dieser Unterrichtsform zu reduzieren. Diese Aussagen könnten in nachfolgenden Studien durch eine genauere Erhebung der Vorerfahrungen mit dem PAL untermauert werden.

Da beide Gruppen angaben weitere Kurse zur Vertiefung des Gelernten zu benötigen, kann davon ausgegangen werden, dass die Studenten den hohen Anspruch dieses diagnostischen Verfahrens erkannt haben. Ein Kurs von vier Stunden kann aus Sicht der Studenten somit nicht ausreichen, um dieses komplexe Untersuchungsverfahren tiefgründig zu vermitteln. Das Ziel der Studie konnte aufgrund der geringen Zeit nur darin bestehen, Basisfertigkeiten des MSUS zu vermitteln, was aus Sicht der Studenten als gelungen angesehen werden kann, da beide Gruppen einen hohen Lerneffekt angaben.

Die kurze Dauer des Unterrichts konnten die Ärzte nach Auffassung ihrer Studenten effektiver nutzen, da sie die Aussage zu offenen Fragen eher verneinend beantworteten, während die Studenten der PT dieser Frage neutral gegenüberstanden ($p = 0,001$). Diese abweichende Einschätzung könnte ihre Ursache darin haben, dass die Studenten der PT den Unterricht stärker hinterfragten, während die Studenten der Gruppe d ihren ärztlichen Dozenten eher einen ausreichend umfangreichen Unterricht zutrauten.

Die Studenten standen der Gruppengröße und der Geräteanzahl tendenziell positiv gegenüber. Noch günstigere Verhältnisse von Studenten zu Dozenten sind sicherlich nur durch den vermehrten Einsatz von PT erreichbar. Die Anzahl von Sonografiegeräten lässt sich aufgrund der hohen Anschaffungskosten nicht beliebig steigern, weswegen dieses Bedürfnis in nachfolgenden Kursen vermutlich nicht realisiert werden kann.

Field et al. **21** wiesen nach, dass die Zufriedenheitswerte mit den PT bei weiteren Unterrichtseinheiten steigen, da sich die Studenten sich im Laufe ihrer Lehrtätigkeit noch weiter verbessern. Deswegen sollten die PT in nachfolgenden Studien wiederholt den Unterricht leiten, um die Veränderung der Zufriedenheitswerte erneut zu untersuchen.

5.5.2 Evaluation der Maschinenbaustudenten

Die Maschinenbaustudenten bewerteten die Wissensvermittlung unabhängig vom Dozenten einheitlich mit guten Noten ($p=0,725$). Diese Bewertung spricht dafür, dass sowohl ärztliche Dozenten als auch PT aus Sicht anatomisch nicht vorgebildeter Studenten das Wissen des MSUS auf einem vergleichbaren Niveau vermitteln konnten. Vorurteile gegenüber der Wissensvermittlung durch PT schienen unter diesen Studenten nur eine untergeordnete Rolle zu spielen.

Insgesamt äußerten sich die anatomisch unerfahrenen Maschinenbaustudenten beider Gruppen zufrieden mit dem Unterricht. Sie hatten Freude am Unterricht und waren mit der Interaktion mit dem Dozenten zufrieden.

In Bezug auf die Fragestellung zur Kompetenz des Dozenten, welche von der Gruppe d zustimmender beantwortet wurde ($p=0,029$), waren sich die Maschinenbaustudenten uneinig. Beide Gruppen schätzten dabei die Kompetenz ihrer Dozenten als hoch ein (d 4,6 vs. s 4,1). Die ärztlich eingewiesenen Studenten stuften ihre Dozenten dabei vermutlich aufgrund bestehender hierarchischer Strukturen, die sicherlich auch im Maschinenbaustudium bestehen, als kompetenter ein, während die Gruppe s ihren kognitiv näherstehenden Dozenten eine geringere Kompetenz zutrauten.

Weiterhin nahmen die Studenten der Gruppe d eventuell das auf der Lehrerfahrung ihrer Dozenten aufgebaute Selbstbewusstsein wahr, während die Studenten der Gruppe s die Kompetenz der PT, welche zum ersten Mal eine Lehrtätigkeit in dieser Weise übernahmen, geringer einstufen.

Maschinenbaustudenten beider Gruppen waren nach den vorliegenden Daten zufrieden mit der Unterrichtseinheit. Anhand dieser Einschätzungen lassen sich solche Lehrinhalte bereits frühzeitig, auch unter Einsatz von PT, in die Lehre integrieren.

Allerdings führte die anatomische Unerfahrenheit der Maschinenbaustudenten auch zu subjektiven Schwierigkeiten bei der Identifikation der anatomischen Strukturen, was in deutlicherem Maße für die Studenten der Gruppe s galt (d 3,3 vs. s 3,9). Deswegen sollte in der Durchführung der Lehre anatomisch unerfahrener Studenten darauf geachtet werden, dass sie nicht mit Fachbegriffen oder topografischen Bezügen überfordert werden.

5.5.3 Vergleich der Evaluation von Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten

Die durchschnittliche Benotung der Wissensvermittlung ergab keine Unterschiede zwischen Humanmedizin- und Maschinenbaustudenten der jeweiligen Gruppen (d $p=0,075$ und s $p=0,572$). Die Annahme, dass Studenten mit medizinischen Vorerfahrungen die Tutoren kritischer beurteilen **21**, **62**, konnten an dieser Stelle nicht bestätigt werden.

Trotz mangelnder anatomischer Grundkenntnisse, dem ersten Kontakt mit einem Sonografiegerät und der Verwendung medizinischer Fachbegriffe bewerteten die Maschinenbaustudenten in beiden Gruppen die Wissensvermittlung nicht schlechter als Humanmedizinstudenten.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Wissensvermittlung von schultersonografischen Basisfertigkeiten durch PT auch von unerfahrenen Studenten positiv angenommen wurde. Eine Überforderung mit den Lehrinhalten und der Art der Wissensvermittlung durch PT wurde für anatomisch nicht vorgebildete Maschinenbaustudenten im Vergleich zu den erfahreneren Humanmedizinstudenten ebenfalls nicht nachgewiesen.

Diese Lehrbeurteilungen implizieren die Möglichkeit, Untersuchungsverfahren wie den MSUS, auch unter Anwendung des PAL, frühzeitig in das Humanmedizinstudium zu integrieren.

Die Maschinenbaustudenten der Gruppe d hatten weniger Vorbehalte ($p<0,001$) gegenüber der schultersonografischen Ausbildung durch PT als die Humanmedizinstudenten der Gruppe d. Daran lässt sich erkennen, dass insbesondere Medizinstudenten, die noch nicht in Kontakt mit dem PAL gekommen sind, stärker an den bisherigen Lehrstrukturen festhalten und weniger offen für den Unterricht von eigenen Kommilitonen sind.

Die deutlich reduzierten Vorbehalte medizinisch unerfahrener Studenten veranschaulichen, dass eine frühe Implementierung des PAL akzeptiert wird, während es mit zunehmender Erfahrung mit konventionellen Lehrstrukturen skeptischer betrachtet wird.

Die Medizinstudenten der Gruppe d empfanden die Kombination von Theorie und Praxis ($p=0,009$), den unterrichtsbezogenen Spaßfaktor ($p=0,003$) und die Interaktion von Dozenten ($p=0,028$) und Studenten als nützlicher.

Mögliche Ursachen für diese unterschiedlichen Einschätzungen könnte das höhere Wissens- und Betreuungsbedürfnis der anatomisch nicht vorgebildeten Maschinenbaustudenten sein. Möglicherweise neigten die Maschinenbaustudenten, im Vergleich zu den bereits an die klinische Hierarchie gewöhnten Medizinstudenten, dazu ärztliche Autoritäten kritischer zu beurteilen.

Subjektiv hatten die Maschinenbaustudenten der Gruppe s größere Probleme mit der

Identifizierung der sonografisch dargestellten Strukturen ($p=0,044$). Diese Einschätzung lässt vermuten, dass die PT weniger Hilfestellungen für anatomisch unerfahrene Studenten bieten konnten. Allerdings wirkte sich dieser subjektiv empfundene Nachteil nicht auf das praktische Prüfungsergebnis aus, da die Maschinenbaustudenten der Gruppe s, verglichen mit ihren Kommilitonen der Gruppe d, keine schwächeren OSCE-Scores für die Bilderstellung erreichten.

Die Aussage zu einer möglichen eigenen Dozententätigkeit wurde innerhalb der Gruppe s durch die Maschinenbaustudenten vermutlich ablehnender bewertet ($p=0,013$), da sie erkannten, dass diese Lehrtätigkeit bereits für anatomisch vorgebildete Studenten eine Herausforderung darstellt.

5.5.4 Geschlechtsspezifische Unterschiede der Evaluation

Die männlichen und weiblichen Humanmedizinstudenten der Gruppen d und s bewerteten die Wissensvermittlung durch die Dozenten einheitlich (d $p=0,375$ und s $p=0,380$) und antworteten bei sämtlichen Aussagen zur Unterrichtszufriedenheit ähnlich. Somit wurden unter Studenten mit medizinischer Vorbildung keine geschlechtsspezifischen Evaluationsunterschiede ermittelt.

Andere Autoren konnten in Bezug die Lehre ärztlicher Basisfähigkeiten ebenfalls keine Unterschiede in der globalen Bewertung der Wissensvermittlung männlicher und weiblicher Studenten feststellen **24**. Allerdings setzten diese nicht das PAL für die Lehre ein. Bei den Evaluationsergebnissen der Humanmedizinstudenten ist zu berücksichtigen, dass die Mehrzahl (66,7%) der Studienteilnehmer weiblich war.

5.5.5 Selbsteinschätzungen von Ärzten und Peer-Tutoren

Die PT profitierten nach eigenen Angaben von ihrer Lehrtätigkeit, was sich mit den Aussagen anderer Studien deckt **12, 16, 17**. Sie beurteilten ihre Unterrichtserfahrungen und ihren Lernzuwachs positiv, würden gerne wieder eine ähnliche Kursstunde leiten und waren insgesamt zufrieden mit ihrem Unterricht.

Ärzte und Studenten fühlten sich mit dem Lehrauftrag nicht überfordert und bekundeten mit überwiegender Zustimmung, wieder eine ähnliche Kursstunde leiten zu wollen. Daher lässt sich schlussfolgern, dass die Studenten die Freude am Lehren und die damit verbundene eigene Weiterentwicklung höher als den Aufwand für die Vorbereitung einstufen.

Die Ärzte gingen stärker davon aus, die Inhalte gut vermittelt zu haben ($p=0,013$). Diese Einschätzung könnte darin begründet liegen, dass sich die Ärzte aufgrund ihrer Erfahrung in der Lehre selbstbewusster einschätzten und ein gesteigertes Vertrauen in die

eigenen Lehrfähigkeiten hatten. Möglicherweise bewerteten die Studenten aufgrund der fehlenden hierarchischen Distanz zu den Kommilitonen und der daraus resultierenden kognitiven Kongruenz ihre Interaktion mit der Gruppe zufriedener ($p=0,044$).

Diese Evaluationsergebnisse verdeutlichen, dass PT selbst der Überzeugung sind, ihnen zuvor unbekannte Lehrinhalte vermitteln zu können. Aus ihrer Sicht war ihre eigene Lehrtätigkeit erfolgreich und die Belastung durch den Unterricht nicht zu hoch. Diese Angaben zeigen eine selbstbewusste Haltung der PT bezüglich ihrer Lehrfähigkeiten und bestätigt andere Meinungen, die das PAL für selbstbewusstseinsfördernd halten 17.

5.5.6 Korrelationen zwischen quantitativ-objektiven und qualitativ-subjektiven Parametern

Da die durchschnittliche Bewertung der Wissensvermittlung mit der Ausführungsnote ($p=0,014$), der Gesamtpunktzahl ($p=0,001$) und dem Klausurergebnis ($p=0,041$) signifikante Zusammenhänge zeigt, kann davon ausgegangen werden, dass die Studenten die Kompetenzen der Wissensvermittlung ihrer Dozenten gut einschätzen konnten.

Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Lehrevaluation für diese Studie. Für zukünftige Kurse können die Lehrverantwortlichen anhand der vorliegenden Bewertungen Veränderungen vornehmen und so die subjektiv empfundene Qualität der Wissensvermittlung weiter steigern.

Anhand der Korrelationen mit der Ausführungsnote ($p=0,031$) und dem OSCE-Score ($p=0,041$) lässt sich die Vermutung äußern, dass die Studenten ihren individuellen Lerneffekt aussagekräftig beurteilen konnten. Diese Fragestellung kann demnach auch für zukünftige Lehrevaluationen genutzt werden.

Da das Klausurergebnis den Bezug zu einer besonders hohen Anzahl an Antworten zur Unterrichtszufriedenheit deutlich macht, kann angenommen werden, dass die subjektiv empfundene Unterrichtszufriedenheit insbesondere mit dem erworbenen theoretischen Wissen zusammenhängt.

5.6 Limitationen

In der Prüfung mussten die Prüfer in relativ kurzer Zeit die Ausführung von acht Schnittebenen bewerten und zusätzlich Zeitmessungen vornehmen, was eine anspruchsvolle Aufgabe und eine mögliche Fehlerquelle darstellte.

Vor Beginn der Unterrichtseinheit wurde keine Eingangsprüfung durchgeführt, um die bereits vorhandenen Fertigkeiten hinsichtlich des MSUS zu eruieren und so nach dem Unterricht den direkten Lernerfolg besser messen zu können. Zumindest per Fragebogen wurden bereits bestehende schultersonografische Fähigkeiten ermittelt.

Studenten, welche über Vorkenntnisse in der Durchführung des MSUS verfügten, wurden für die statistischen Analysen nicht berücksichtigt.

In dieser Studie wurden nur Normalbefunde erhoben. Möglicherweise ist die Lernkurve bei pathologischen Befunden deutlich länger, oder diese sind durch PT schwerer oder gar nicht zu vermitteln.

Die PT bewarben sich per Losverfahren für ihre Lehrtätigkeit und hatten zuvor bereits ohne Aufforderung das Wahlfach Sportmedizin mit den Inhalten des MSUS gewählt, was ein großes Interesse für die Rolle als Tutor und für die transportierten Inhalte vermuten lässt. Möglicherweise führt eine Ausdehnung dieses Lehrkonzeptes auf alle Studierenden zu schlechteren Resultaten bezüglich der Lernergebnisse.

5.7 Abschließende Beurteilung der Ergebnisse

Dass der Einsatz von PT die praktische Ausbildung intensivieren könnte, wurde bereits postuliert **16**. Diese Studie zeigt zum ersten Mal die Effektivität des PAL hinsichtlich der synchronen quantitativen und qualitativen Vorteile der Studenten, hier am Beispiel von apparativen diagnostischen Fertigkeiten, wie in früheren Arbeiten gefordert **21**.

PT sind in der Lage Lehrtätigkeiten zu übernehmen, auch wenn weitere Studien erforderlich sind, um ihren Einsatz für den Bereich des MSUS zu optimieren. Bezogen auf drei von vier Prüfungsverfahren waren durch PT ausgebildete Humanmedizinstudenten ihren ärztlich eingewiesenen Kommilitonen nicht unterlegen und erreichten in Anbetracht der kurzen Ausbildungszeit gute Ergebnisse.

Auch medizinisch nicht vorgebildete Maschinenbaustudenten profitierten vom Unterricht durch PT und Ärzte in vergleichbarem Maße. Sie waren den Humanmedizinstudenten lediglich in der theoretischen, nicht aber in der praktischen Wissensabfrage unterlegen. Von den positiven Ergebnissen der fachfremden Maschinenbaustudenten lässt sich ableiten, dass komplexe praktische Fertigkeiten wie der MSUS frühzeitig in die Lehre, auch unter Nutzung des PAL, integriert werden können.

In dieser Studie konnte durch das PAL die doppelte Anzahl an Studenten unterrichtet werden, was den direkten Mehrwert dieses Verfahrens verdeutlicht. Das PAL ermöglichte es den Tutoren Lehrerfahrungen zu sammeln, welche sie auf ihre Aufgaben als Arzt vorbereiten und vermittelte ihnen neue Perspektiven.

Um zukünftig einen möglichst hohen Ausbildungsstandard der PT zu gewährleisten, wären in nachfolgenden Studien Leistungskontrollen angebracht, die vor dem Unterrichtsbeginn die Lehrfähigkeit überprüfen. Solche Kontrollen würden allerdings vermehrt die begrenzten Ressourcen einer Universitätsklinik angreifen, was im Rahmen dieser Studie vermieden werden sollte.

Die PT profitierten von ihrem Unterricht in einem besonderen Maß, wie es auch schon

andere Studien zeigen konnten, die jedoch noch keine entsprechenden objektiven Daten in Bezug auf die Fertigkeiten der Tutoren liefern konnten **12, 21, 32, 57**.

Die Evaluationsergebnisse ließen erkennen, dass sowohl Humanmedizin- als auch Maschinenbaustudenten mit der Lehre durch PT zufrieden waren. Allerdings zeigten sich ärztlich eingewiesene Studenten unabhängig von ihrer medizinischen Vorbildung teilweise noch zufriedener mit dem Unterricht.

Der Unterricht durch erfahrene Dozenten wurde als Grundvoraussetzung für ein adäquates Training auf dem Gebiet des MSUS bezeichnet **7**. Die erbrachten Daten zeigen demgegenüber, dass das PAL sogar mit zufrieden stellenden Ergebnissen im Bereich der Schultersonografie nutzbar ist. Inwieweit die Ergebnisse noch durch einen höheren Zeitaufwand verbessert werden können, müssen weiterführende Studien zeigen. Die positiven Erfahrungen der Studenten sollten im Laufe der Zeit vermehrt dazu führen, dass die Skepsis gegenüber PAL weiter abnimmt, auch wenn andere Studien Defizite im Gesamtergebnis belegen konnten **25**.

6. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie bestand darin zu evaluieren, inwieweit Studenten als sogenannte „Peer-Tutoren“ im Rahmen des „Peer-Assisted Learning“ Aufgaben des ärztlichen Lehrpersonals in der praktischen Ausbildung übernehmen können.

Studenten des Wahlfaches Sportmedizin der Unfallchirurgischen Klinik der RWTH Aachen wurden auf dem Gebiet des muskuloskelettalen Ultraschalls des Schultergelenkes neben erfahrenen ärztlichen Dozenten auch von minimal instruierten Studenten ausgebildet. Um zu ermitteln, ob eine medizinische Vorbildung zum Erlernen des muskuloskelettalen Ultraschalls von Bedeutung ist, wurden zusätzlich Maschinenbaustudenten in diese Studie einbezogen.

Die Peer-Tutoren erhielten eine einwöchige Vorbereitungszeit, entsprechende Literatur, standardisierte Lehrpläne und eine 30-minütige ärztliche Einweisung in den muskuloskelettalen Ultraschall des Schultergelenkes.

Die beiden Unterrichtseinheiten setzten sich jeweils aus theoretischen Einführungen und der praktischen Durchführung von sechs Standardschnittebenen und drei zusätzlichen Schnittebenen in Innenrotation zusammen.

Auf die Unterrichtseinheiten folgten eine Multiple-Choice Klausur und eine praktische Prüfung, welche als Objective-Structured-Clinical-Examination erfolgte. Außerdem bewerteten die Studenten die Unterrichtseinheiten mit Hilfe eines Evaluationsbogens.

In der theoretischen Prüfung wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen ärztlich und durch Peer-Tutoren eingewiesenen Studenten ermittelt. Bei der praktischen Wissensabfrage benötigten durch Peer-Tutoren unterrichtete Studenten lediglich mehr Zeit für die Erstellung der Schnittebenen. Die Kompetenzen der Ausführung und der Bilderstellung waren denen der ärztlich eingewiesenen Studenten nicht unterlegen.

Dozentenunabhängig erreichten Maschinenbaustudenten ausschließlich in der Klausur, nicht aber in der praktischen Prüfung, schwächere Ergebnisse als Humanmedizinstudenten.

Generell wurde der Unterricht von allen Studenten positiv bewertet. Subjektiv waren Studenten aus ärztlich geleiteten Gruppen stellenweise zufriedener mit dem Unterricht. Trotz ihrer mangelnden anatomischen Vorbildung wurde der Unterricht von den Maschinenbaustudenten, unabhängig von der Erfahrung der Dozenten, positiv angenommen. Die Peer-Tutoren selbst äußerten sich zufrieden mit ihrer Lehrtätigkeit.

Peer-Tutoren sind anhand der Ergebnisse dieser Studie in der Lage grundlegende Fertigkeiten des muskuloskelettalen Ultraschalls zu vermitteln. Sie können demnach gewisse ärztliche Lehrtätigkeiten übernehmen, wovon sie selbst in besonderem Maße profitieren. Das Peer-Assisted Learning kann bereits frühzeitig in das Medizinstudium

implementiert werden und sorgt für eine Auflockerung des Lernklimas, eine intensivierte Tutorenbetreuung und eine Entlastung des ärztlichen Lehrpersonals.

7.Literaturverzeichnis

- 1 Internetlink. Guidelines for Musculoskeletal Ultrasound in Rheumatology.
<http://www.doctor33.it/eular/ultrasound/shoulder.htm>
- 2 Andreatta PB, Hillard ML, Murphy MA, Gruppen LD, Mullan PB. Short-term outcomes and long-term impacts of a program in medical education for medical students. *Med Educ* 2009; 43: 260-7
- 3 Angtuaco TL, Hopkins RH, DuBose TJ, Bursac Z, Angtuaco MJ, Ferris EJ. Sonographic physical diagnosis 101: teaching senior medical students basic ultrasound scanning skills using a compact ultrasound system. *Ultrasound Q* 2007; 23(2): 157-60
- 4 Arger PH, Schultz SM, Sehgal CM, Cary TW, Aronchick J. Teaching medical students diagnostic sonography. *J Ultrasound Med* 2005; 24: 1365-9
- 5 Augustin JJ, de Miguel E, Filipucci E, Grassi W, Iagnocco A, Kane D, Koski JM, Manger B, Mayodormo L, Möller I, Moragues C, Rejón E, Szkudlarek M, Terslev L, Uson J, Wakefield RJ, Schmidt WA. European League Against Rheumatism (EULAR) musculoskeletal ultrasound courses. *Ann. Rheum. Dis.* 2008; 67: 1017-22
- 6 Awerbuch MS. The clinical utility of ultrasonography for rotator cuff disease, shoulder impingement syndrome and subacromial bursitis. *The Medical Journal of Australia* 2008; 188(1): 50-3
- 7 Backhaus M, Burmeister GR, Gerber T, Grassi W, Machold KP, Swen WA, Wakefield RJ, Manger B. Working Group for Muskuloskeletal Ultrasound in the Eular Standing Committee on International Clinicial Studies including Therapeutic Trails - Guidelines for musculoskeletal ultrasound in rheumatology. *Ann. Rheum. Dis.*; 60: 641-9
- 8 Balint PV, Sturrock RD. Intraobserver repeatability und interobserver reproducibility in musculoskeletal ultrasound imaging measurements. *Clin. Exp. Rheumatol.*; 19(1): 89-92
- 9 Boeckers A, Fassnacht U, Feneberg A, Boeckers TM. Modifizierte objective-structured practical examination (OSPE) im Kurs der Mikroskopischen Anatomie an der Universität Ulm. *GMS Z Med Ausbild.* 2006; 23(4)

- 10 Brown AK, Recommendations for musculoskeletal ultrasonography by rheumatologists: setting global standards for best practice by expert consensus. *Arthritis Rheum*; 53: 83-92
- 11 Brown AK, Roberts TE, O'Connor PJ, Wakefield RJ, Karim Z, Emery P. The development of an evidence-based educational framework to facilitate the training of competent rheumatologist ultrasonographers. *Rheumatology* 2007; 46: 391-7
- 12 Buckley S , Zamora J. Effects of participation in a cross year peer tutoring programme in clinical examination skills on volunteer tutor skill's and attitudes towards teachers and teaching. *BMC Med Educ* 2007; 7(20)
- 13 Butter J, Grant TH, Egan M, Kaye M, Wayne DB, Carrión-Carire V, McGaghie WC. Does ultrasound training boost Year 1 medical student competence and confidence when learning abdominal examination? *Med Educ* 2007; 41(9): 843-8
- 14 Carraccio C, Englander R. The Objective Structured Clinical Examination - A Step in the Direction of Competency-Based Evaluation. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* 2000; 154: 736-41
- 15 Casey PM, Goepfert AR, Espey EL, Hammoud MM, Kaczmarczyk CM, Katz NT, Neutens JJ, Nuthalapaty JS, Peskin E. To the point: reviews in medical education - The Objective Structured Clinical Examination. *Journal of Obstetrics & Gynecology* 2009; 25-34
- 16 Cate OT, Durning S. Peer teaching in medical education: twelve reasons to move from theory to praxis. *Med Teach* 2007; 29: 591-9
- 17 Cate OT, Durning S. Dimensions and psychology of peer-teaching in medical education. *Med Teach* 2007; 29: 546-52
- 18 Chen PC, Lew HL, Hsu TC, Tsai WC, Lin WC, Tsang SFT, Lee YC, Hsu RCH, Chen CPC. Ultrasound Guided Shoulder Injections in the Treatment of Subacromial Bursitis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 2006; 85(1): 31-5
- 19 Chenot JF, Simmeroth-Naida A, Koch A, Fischer T, Scherer M, Emmert B, Stanke B, Kochen MM, Himmel W. Can student tutors act as examiners in an objective structured clinical examination?. *Med Educ* 2007; 41: 1032-8
- 20 Fernandez-Frackelton M, Peterson ML, Roger J, Perez J, Coates W. A Bedside Ultrasound Curriculum for Medical Students: Prospective Evaluation of Skill Acquisition. *Teaching and Learning in Medicine* 2007; 19(1): 14-9

- 21 Field M, Burke J, Lloyd DM. Peer-assisted learning: a novel approach to clinical skills learning for medical students. *Med Educ* 2007; 41: 411-18
- 22 Filipucci E, Unlu Z, Farina A, Grassi W. Sonographic training in rheumatology: a self teaching approach. *Ann. Rheum. Dis.*; 62: 565-7
- 23 Filly RA. Is it time for the sonoscope? If so, then let's do it right! *J Ultrasound Med* 2003; 22(4): 323-5
- 24 Fischer T, Chenot JF, Kleiber C, Kochen MM, Simmeroth-Nayda A, Staats H, Herrmann-Lingen C. Kurs "ärztliche Basisfähigkeiten" - Evaluation eines primärärztlich orientierten Unterrichtskonzepts im Rahmen der neuen Approbationsordnung. *GMS Z Med Ausbild* 2006; 22(3)
- 25 Glynn LG, MacFarlane A, Kelly M, Cantillon P, Murphy AW. Helping each other to learn - a process evaluation of peer-assisted learning. *BMC Med Educ* 2006; 6(18)
- 26 Graham K, Burke JM, Field M. Undergraduate rheumatology: can peer-assisted learning by medical students deliver equivalent training to that provided by specialist staff?. *Rheumatology* 2008; 47: 652-5
- 27 Grechenig W, Clement H, Frankhauser F, Mayr J, Fellingner M, Peicha G. Die Sonographie beim Schultertrauma. *Orthopädie* 2002; 31(3): 250-4
- 28 Gruber G, Konermann W (Hrsg.). *Sonographie der Stütz- und Bewegungsorgane*. 1. Aufl. Chapman & Hall 1997; ISBN 3-8261-0086-7
- 29 Harter C, Schellberg D, Möltner A, Kadmon M. Frontalunterricht oder Gruppenarbeit: Welche Unterrichtsform ist besser? - Ein Vergleich für das Fach Biochemie. *GMS Z Med Ausbild*. 2008; 25(1)
- 30 Holling A . Sonography of the Rotator Cuff: An Overview, *Journal of Diagnostic Medical Sonography* 2001; 17(3): 144-50
- 31 Huber FX, Hillmeyer J, Herzog L, Alsfasser G, Kock HJ, Meeder PJ. Paradigmenwechsel in der akademischen Lehre - Umsetzung und erste Evaluationsergebnisse für den Fachbereich Unfallchirurgie an der Universitätsklinik Heidelberg. *Akt Traumatol*. 2005; 35: 234-8
- 32 Hudson NJ, Tonkins AL. Clinical skills education: outcomes of relationships between junior medical students, senior peers and simulated patients. *Med Educ* 2008; 42: 901-8

- 33 Jefferies A, Simmons B, Tabak D, McIlroy JH, Lee KS, Roukema H, Skidmore M. Using an objective structured clinical examination (OSCE) to assess multiple physician competencies in postgraduate training. *Med Teach* 2007; 29: 183-91
- 34 Jung B, Tryssenar J, Wilkins S. Becoming a tutor: exploring the learning experiences and needs of novice tutors in a PBL programme. *Med Teach* 2005; 27(7): 606-12
- 35 Kassab S, Abu-Hijleh MF, Al-Shboul Q, Hamdy H. Student-led tutorials ind? problem-based learning: educational outcomes and students 'perceptions'. *Med Teach* 2005; 27(6): 521-6
- 36 Kayser R, Hampf S, Pankow M, Seeber E, Heyde CE. Validität der sonografischen Untersuchung des Schultergelenkes. *Ultraschall in Med.* 2005; 26: 291-8
- 37 Kelly S, Dennick R. Evidence of gender bias in True-False-Abstain medical examinations, *BMC Med Educ.* 2009; 9(32)
- 38 Knobe M, Munker R, Sellei RM, Holschen M, Mooij SC, Schmidt-Rohlfing B, Niethard FU, Pape HC. Peer teaching: a randomised controlled trial using student-teachers to teach musculoskeletal ultrasound. *Med Educ* 2010; 44(2): 148-55
- 39 Konermann W, Gruber G. Sonographische Standardschnittebenen an der oberen Extremität: Schulter- und Ellenbogengelenk. *Ultraschall in Med* 1998; 19:130-8
- 40 Konermann W, Gruber G (Hrsg.). *Ultraschalldiagnostik der Bewegungsorgane.* 2. Aufl. Thieme 2006; ISBN 3-13-114972-8
- 41 Leinster S. Assessment in medical training. *The Lancet* 2003; 362: 1770
- 42 McCoubrie P. Improving the fairness of multiple-choice questions: a literature review. *Med Teach* 2004; 26(8): 709-12
- 43 Nikendei C, Jünger J. OSCE-praktische Tips zur Implementierung einer klinisch-praktischen Prüfung. *GMS Z Med Ausbild.* 2007; 23(3)
- 44 Pabst R, Nave H, Rothkötter HJ, Tschernig T. Lehrevaluation in der Medizin. *Deutsches Ärzteblatt* 2001; 98(12): A747-9
- 45 Pasquinelli LM, Greenberg LW. A Review of Medical School Programs That Train Medical Students as Teachers (MED-SATS) - Teaching and Learning in Medicine 2008; 20(1): 73-81

- 46 Peus V, Valerius G, Schärer L, Buchkremer S, Vorderholzer U, Berger M. Lehr-evaluation an der Medizinischen Fakultät Freiburg, Teil I: Das Evaluations-system im Überblick. GMS Z Med Ausbild. 2005; 22(2)
- 47 Robak O, Kulnig J, Sterz F, Uray T, Haugk M, Kliegel A, Holzer M, Herkner H, Laggner AN, Domanovits H. CPR in medical schools: learning by teaching BLS to sudden cardiac death survivors - a promising strategy for medical students?. BMC Med Educ 2006; 6(27)
- 48 Scheel AK, Schmidt WA, Hermann KGA, Bruyn GA, D'Agostino MA, Grassi W, Iagnocco A, Koski JM, Machold KP, Naredo E, Sattler H, Swen N, Skudlarek M, Wakefield RJ, Ziswiler HR, Pasewalt D, Werner C, Backhaus M. Interob-server reliability of performing muskuloskeletal ultrasonography: Results from a EULAR "Train the trainers" course. Ann. Rheum. Dis. 2005; 64: 1043-9
- 49 Schneider JH, Granderath F, Kowalsky D, Königsrainer A. Evaluation von chirurgischem Koordinationstraining: Lerneffekt am Modell objektivierbar. GMS Z Med Ausbild. 2007; 24(1)
- 50 Sell S. Ultraschalldiagnostik-CD. Thieme Interactivve
- 51 Stieler MA. The use of Sonography in Detection of Bony and calcific Disorders of the Shoulder., Journal of Diagnostic Medical Sonography 2001; 17(6): 331-8
- 52 Strober EE. Using senior students as clinical skills teaching assistants. Acad. Med. 1990; 65: 733-4
- 53 Syperda VA, Trivedi PN, Melo LC, Freeman ML, Ledermann EJ, Smith TM, Alben JO. Ultrasonography in preclinical education: a pilot study. J Am. Osteo-path Assoc. 2008; 108: 601-5
- 54 Tesch C, Friemert B, Huhnholz J, Wening JV. Stellenwert der Sonographie in Traumatologie und Orthopädie Teil 1: Sonographie des Bewegungsapparats. Der Unfallchirurg 2008; 111(9): 659-69
- 55 Tilsner K, Heimpel H, Rapp A. Medizinische Kenntnisse bei Studierenden des ersten Semesters in der Humanmedizin: Gibt es einen Wissensvorsprung bei medizinischer Vorbildung vor Beginn des Studiums?. GMS Z Med Ausbild. 2007; 24(4)
- 56 Tolsgaard MG, Gustafsson A, Rasmussen MB, Høiby P, Müller CG, Ringsted C. Student teachers can be as good as associate professors in teaching clinical skills. Med Teach 2007; 29(6): 553-7

- 57 Topping KJ. The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: a typology and review of the literature. *Higher Education* 1996; 32: 321-45
- 58 Wakefield RJ, Gibbon WW, Emery P. The current status of ultrasonography in rheumatology. *Rheumatology*; 38: 195-201
- 59 Wakefield RJ, Goh E, Conaghan PG, Karim Z, Emery P. Musculoskeletal ultrasonography in Europe: results of a rheumatologist-based survey at a EULAR meeting. *Rheumatology* 2003; 42: 251-3
- 60 Weidner TG, Popp JK. Peer-assisted learning and orthopaedic evaluation of psychomotor skills. *J Athl. Train.* 2007; 42(1) 113-9
- 61 Wening JV. Sonographie in der Orthopädie und Unfallchirurgie. *Der Unfallchirurg* 2008; 111(9): 657-8
- 62 Weyrich P, Schrauth M, Kraus B, Habermehl D, Netzhammer N, Zipfel S, Jünger J, Riessen R, Nikendei C. Undergraduate technical skills training guided by student tutors-Analysis of tutors' attitudes, tutees' acceptance and learning progress in an innovative teaching model. *BMC Med Educ* 2008; 8(18)
- 63 Weyrich P, Celebi Weyrich P, Celebi N, Schrauth M, Möltner A, Lammerding-Köppel M, Nikendei C. Peer-assisted versus faculty staff-led skills laboratory training: a randomised controlled trial. *Med Educ* 2009; 43(2): 113-20
- 64 Wright SA, Bell AL. Enhancement of undergraduate rheumatology teaching through the use of musculoskeletal ultrasound. *Rheumatology* 2008; 47(10): 1564-6

Anhang

Lehrplan Schultersonografie

1. Kursstunde

Einführung:

- Schallkopf 30min
- Untersuchungsablauf
- Indikationen
- Befunde
- Standardschnittebenen

Schnittebenen:

- 1. ventral: transversal -neutrale Position 30min
 - Innenrotation
- 2. ventral: longitudinal -neutrale Position
 - Innenrotation

Übung: 30min

2. Kursstunde

- 3. lateral: transversal (coraco-acromial) 20min
- 4. lateral: longitudinal -neutrale Position
- Übung: 30min
- 5. dorsal: transversal 20min
- 6. dorsal: longitudinal

Übung: 30min

Für die Innenrotationsschnitte muss die Hand wie beim Schürzengriff auf den Rücken gelegt werden.

Link für die Innenrotationsschnitte: www.doctor33.it/eular/ultrasound/shoulder.htm

Bewertungsbogen der Schultersonografie

Schnitt	Zeit in sec.	Benotung
	Anlage Schallkopf bis Druck des Bildes	Ausführung Schulnote 1-6
ventral-transversal- neutral		
ventral-transversal- Innenrotation		
ventral-longitudinal- neutral		
ventral-longitudinal Innenrotation		
lateral-transversal (coraco-acromial)		
lateral-longitudinal- neutral		
dorsal- transversal		
dorsal- longitudinal		

Bewertungskriterien der erstellten Schnittebenen

Als Vergleich dienen die Standardschnitte der DEGUM und die Innenrotationsschnitte der EULAR.

Pro gemäß Standardschnitt abgebildeter Struktur wird ein Punkt vergeben. Hiervon ausgenommen ist der M. deltoideus. Jeweils ein Zusatzpunkt für eine gute Knochen- und Weichteildarstellung kann insgesamt vergeben werden. 36 Punkte sind insgesamt zu vergeben. Zwei Zusatzpunkte können erreicht werden. Maximal erreichbare Punktzahl: 38

1. ventral-transversal-neutral (max. 6 Punkte):

- Proc. coracoideus 1P
- lange Bizepssehne im Sulcus 1P
- Lig. glenohumerale 1P
- Subscapularissehne 1P
- Tub. majus 1P
- Tub. Minus 1P

2. ventral-transversal in max. Innenrotation (max. 3 Punkte):

- Supraspinatussehne 1P
- Humeruskopf 1P
- Bursa 1P

3. ventral-longitudinal-neutral (max. 3 Punkte):

- lange Bizepssehne 1P
- Humeruskopf 1P
- Humerusschaft 1P

4. ventral-longitudinal in max. Innenrotation (max. 3 Punkte):

- Supraspinatussehne 1P
- Tuberculum majus 1P
- Bursa 1P

5. lateral-transversal (max. 6 Punkte):

- lange Bizepssehne 1P
- Lig. glenohumerale medium 1P
- Subscapularissehne 1P
- Supraspinatussehne 1P
- Humeruskopf 1P
- Bursa subdeltoidea 1P

6. lateral-longitudinal (max. 4 Punkte):

- Humeruskopf 1P
- Acromion 1P
- Supraspinatussehne 1P
- Bursa subdeltoidea 1P

7. dorsal-transversal (max. 5 Punkte):

- Humeruskopf 1P
- Bursa subdeltoidea 1P
- Scapula (Glenoid) 1P
- M. infraspinatus 1P
- Labrum glenoidale post. 1P

8. dorsal-longitudinal (max. 6 Punkte):

- Humeruskopf 1P
- Humerusschaft 1P
- Acromion 1P
- M. infraspinatus 1P
- Bursa subdeltoidea 1P
- M. teres minor 1P

Fragebogen Schultersonografie

Wie gut wurden die folgenden Lerninhalte durch den Dozenten vermittelt?						
(Schulnote)	1	2	3	4	5	6
Schallkopf						
Untersuchungsablauf						
Indikationen						
Befunde						
Standardschnittebenen						

Wie gut wurden die folgenden Schnittebenen dargestellt?						
ventral-transversal: neutrale Position						
ventral-transversal: Innenrotation						
ventral-longitudinal: neutrale Position						
ventral-longitudinal: Innenrotation						
lateral-transversal (coracoacromial)						
lateral-longitudinal: neutrale Position						
dorsal-transversal						
dorsal-longitudinal						

Fragestellungen zur Unterrichtszufriedenheit	trifft zu	trifft eher zu	neutral	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	nicht zu beantworten
Der Dozent war kompetent						
Der Unterricht hat Spaß gemacht						
Der Lerneffekt war hoch						
Ich könnte die SUS direkt am Patienten anwenden						
Theorie und Praxis waren gut kombiniert						
Eine andere Gruppe wäre mir lieber gewesen						
Ich bräuchte weitere Kurse, um das Gelernte zu vertiefen						
Die Gruppengröße war optimal						
Ich würde gerne eine ähnliche Kursstunde leiten						
Die Anzahl der Sonografiegeräte war ausreichend						
Die Interaktion zwischen Gruppe und Dozent war gut						
Ich hatte Schwierigkeiten die Strukturen zu identifizieren						
Viele Fragen blieben offen						
Diese Inhalte kann nur ein Arzt unterrichten						
Die Zeit war zu knapp bemessen						
Die Inhalte waren zu umfangreich						

Bemerkungen:

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mir die Vollendung meiner Promotion ermöglichten:

Herrn Prof. Dr. med. Hans-Christoph Pape danke ich für die Möglichkeit, in seinem Arbeitskreis meine Dissertation anfertigen zu dürfen und für die Korrektur der Dissertation.

Ohne Herrn Dr. med. Matthias Knobe wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen. Ihm danke ich für das Erarbeiten der Thematik, die intensive Betreuung und Beratung, das regelmäßige Korrekturlesen sowie den Einsatz als Dozent, Dozentenausbilder und Prüfer.

Herrn Dr. med. Ralf Münker und Herrn Dr. med. Richard Sellei danke ich für ihren Einsatz als Dozenten, Prüfer und Berater.

Meinem Vater danke ich sowohl für das regelmäßige und unermüdliche Korrekturlesen als auch für die vielen positiven Anregungen.

Meiner Freundin danke ich für ihre Hilfestellungen in Form von Beratung, Korrekturlesen und Literaturvorschlägen sowie der Unterstützung während der gesamten Promotion.