

Aus dem Zentrum für Operative Medizin der Universität zu Köln
Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral- und Tumorchirurgie
und Transplantationschirurgie

Direktorin: Universitätsprofessorin Dr. med. C. Bruns

Entwicklung eines Curriculums zur Integration von Virtual Reality basierten Lehranwendungen

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Jana Funger
aus Krefeld

promoviert am 30. März 2026

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink
1. Gutachter: Privatdozent Dr. med. R. R. Datta
2. Gutachter: Professor Dr. med. M. Mallmann

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich keine Unterstützungsleistungen erhalten.

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Im Zuge der Entwicklung der Virtual Reality Anwendungen dieser Arbeit erfolgte die Erstellung und Durchführung einer Bedarfsanalyse in Abstimmung mit PD Dr. med. Rabi Raj Datta durch mich. Das Zusammentragen des Datensatzes und die Auswertung der Daten mit Erstellung der Grafiken erfolgte mit Hilfe von Excel und SPSS durch mich.

Der Datensatz der Evaluation des Blockpraktikums Viszeralchirurgie im Sommersemester 2025 wurde ohne meine Mitarbeit von Herrn PD Dr. med. Rabi Raj Datta von der Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax- und Transplantationschirurgie der Universität zu Köln zur Verfügung gestellt. Die Auswertung des Datensatzes und Erstellung der Grafiken erfolgte mit Hilfe von SPSS und Excel durch mich.

Die Konzeptionierung der hier dargestellten und entwickelten Virtual Reality Programme wurden durch die Unterstützung von Expert:innen der Co.m.ed durch mich erstellt. Die Expert:innen nahmen hierbei eine beratende Funktion ein, die Vor- und Nachbereitung von virtuellen Patientenfällen (Simulationsablauf, virtuelle Patienten, Diagnostik- und Therapiemöglichkeiten) und Umsetzungsmöglichkeiten (Steuerung, Avatare, räumliche Gestaltung) in der Virtual Reality, sowie die schriftliche Ausarbeitung der Konzepte erfolgte durch mich.

Expert:innen: PD Dr. med. Rabi Raj Datta, PD Dr. Andrea Wevers, PD Dr. med. Tanja Birrenbach, Prof. Dr. med. Thomas Sauter, Prof. Dr. med. Miriam Rüsseler, PD Dr. med. Robert Kleinert, Prof. Dr. Robert Schier, Dr. med. Tobias Mühling, Dr. med. Jana Adams, Martina Weidler, Lukas Schatzl, Rebecca Hufe, Moritz Zeeh, Timo Heggemann, Luca Mader, Katharina Zahn

Die Softwareentwicklung der dieser Arbeit zugrunde liegenden Virtual Reality Anwendungen erfolgte durch die Firmen Northdocks und Orama unter ständiger Qualitätskontrolle, Pilotphasen und Anpassungen durch mich in Zusammenarbeit mit unsere Arbeitsgruppe AG Lehre der Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax- und Transplantationschirurgie der Universität zu Köln.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 15.10.2025

Danksagung

Mein Dank gilt meiner Familie, Freunden und Kolleg*innen die mich im Rahmen meiner Promotion und dem Weg dorthin unterstützt haben.

Zunächst danke allen Beteiligten, die an der Erstellung unserer Simulationen mitgewirkt haben und mit viel Einsatz eine große Unterstützung in der Weiterentwicklung neuer Lehrformate waren.

insbesondere möchte ich mich bei meinem „Doktorvater“ PD Dr. med. Rabi Raj Datta bedanken, der mich mit seiner Vision für neuartige Lehrformate inspiriert und unsere vertrauensvolle und kreative Zusammenarbeit geleitet hat. Durch ihn wurde mein Interesse für das wissenschaftliche Arbeiten geweckt! Weiterhin möchte ich mich bei allen Expert:innen bedanken, die mich im Rahmen der Entwicklung durch ihre Fachkompetenz unterstützen konnten.

Außerdem möchte ich den Menschen danken, die mich im privaten Begleiten und Unterstützen und dadurch wesentlich zu meinem Werdegang beigetragen haben.

Als erstes möchte ich meinen Eltern danken, die mir auf meinem Weg immer alle Freiheiten gelassen haben und durch deren Unterstützung ich meine bisherigen Ziele erreichen konnte. Auch meinem Bruder Marvin Funger möchte ich danken, für all die unterstützenden Gespräche und Ratschläge, nicht nur im Rahmen meiner Promotion, sondern schon immer als große Stütze in meinem Leben.

Natürlich gilt mein Dank auch all meinen Freund*innen die mich schon lange begleiten.

Letztendlich gilt mein Dank meinem Mann Maxim Funger, der mich seit über 14 Jahren begleitet, motiviert und unterstützt. Ohne ihn wäre ich heute nicht da, wo ich bin!

Danke euch!

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1. ZUSAMMENFASSUNG	8
2. EINLEITUNG	10
2.1 Fragestellungen und Ziel der Arbeit	13
3. MATERIAL UND METHODEN	14
3.1 Sechsstufiges Modell zur Planung medizinischer Curricula nach Kern	14
3.1.1. Problemidentifikation	14
3.1.2. Spezielle Bedarfsanalyse	15
3.1.3. Übergeordnete und spezifische Lernziele	17
3.1.4. Lehrformate und Lehrmethoden	18
3.1.5. Implementierung	18
3.1.6. Evaluation	26
4. ERGEBNISSE	28
4.1 Das medizinische Curriculum nach dem sechsstufigen Modell nach Kern	28
4.1.1 Problemidentifikation	28
4.1.2 Spezielle Bedarfsanalyse	30
4.1.3 Übergeordnete und spezifische Lernziele	43
4.1.4 Lehrmethoden	46
4.1.5 Implementierung	47
4.1.6 Evaluation	78
5. DISKUSSION	81
5.1 Virtual Reality zum Lernen medizinischer Inhalte	82
5.1.1 (Erfahrungsbasiertes und immersives) Lernen und Feedback	83
5.1.2 Virtual Reality in der Anatomie und Chirurgie	84
5.1.3 Interprofessionelle Lehre – die Ausbildung eines medizinischen Teams	85
5.1.4 Notfallmedizinische Lehre – Unsicherheiten abbauen, Abläufe stärken	87
5.2 Limitationen und Ausblick	88

5.3	Eigener Anteil	90
5.4	Schlussfolgerung	90
6.	LITERATURVERZEICHNIS	92
7.	ANHANG	98
7.1	Abbildungsverzeichnis	98
7.2	Tabellenverzeichnis	99

Abkürzungsverzeichnis

VR Virtual Reality

AR Augmented Reality

OSCE Objective structured clinical Evaluation

RIPLS Readiness for Interprofessional Learning Scale

NPC Non playable character

NKLM Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin

CeMIT Center for Medical Innovation and Technology

1. Zusammenfassung

Im Rahmen der Ausbildung Medizinstudierender rückt neben dem Erlernen theoretischer Grundlagen die Verbindung zum späteren Arbeitsalltag immer mehr in den Vordergrund.

Das Ziel dieser Doktorarbeit ist die Entwicklung eines medizinischen/chirurgischen Curriculums zur Einbindung von Virtual Reality als neues Lehrinstrument in die chirurgische Lehre nach dem Konzept der Curriculumsentwicklung nach Kern.

Dies beinhaltet die Struktur, den Inhalt, die Programme, Hardware und schließlich die Umsetzung, um durch erfahrungsbasierte Lehre einen realistischen und nachhaltigen Wissenszuwachs zu erlangen.

Durch die Analyse des Bedarfs mit Hilfe von Fokusgruppen und vor allem der Online-Umfrage mit über 200 Teilnehmenden der Zielgruppe konnten drei Themenbereiche herauskristallisiert werden, die zum einen von der Umsetzung in der Virtual Reality besonders profitieren und zum anderen einen eklatanten Mangel im bisherigen Curriculum zeigten.

Die Anatomie profitiert ideal von der dreidimensionalen Darstellung in der Virtual Reality und kann durch klinisch relevante Quervernetzungen langfristige Wissensvermittlung ermöglichen. Hier stellten wir die Themegebiete des Leistenkanals und der Bursa omentalis als Schwerpunkte heraus. Als Basis für die chirurgische Ausbildung stellt ein profundes anatomisches Wissen eine wichtige Grundlage dar. Spielerisch vermittelt soll durch die entwickelten VR-Anwendungen Anatomie im chirurgisch relevanten Kontext ergänzend zum bestehenden Curriculum eigenständig erlernt und wiederholt werden können.

Das Themegebiet der interprofessionellen Lehre konnte durch eine Analyse des bestehenden Curriculums, den formalen Anforderungen an die medizinische Ausbildung, einer ausgiebigen Literaturrecherche und der Bedarfsanalyse mittels RIPLS Fragebogen als elementar für die medizinische Ausbildung dargestellt werden, wird allerdings aktuell noch massiv unterrepräsentiert. Durch ein innovatives Konzept zur Einbindung interprofessioneller Lehre und die Entwicklung eines interprofessionellen VR-Moduls zum Training von klassischen Notfallsituationen auf einer virtuellen chirurgischen Normalstation konnten altbekannte Strukturen und Barrieren schließlich überwunden werden, um die Ausbildung medizinischer Teams zu stärken.

Als eine der wichtigsten Erkenntnisse der durchgeführten Umfrage konnte gezeigt werden, dass sich der überwältigende Anteil der Studierenden auch in fortgeschrittenen Semestern die Behandlung klassischer Notfallsituation und kritisch kranker Patienten nicht zutraut. Durch Virtual Reality basierte Simulationen von klassischen Notfällen und im Schockraum konnte eine sichere Lernumgebung geschaffen werden, die gleichzeitig durch das hohe Maß an Interaktivität realitätsnah wirkt.

In enger Zusammenarbeit mit vier internationalen Expert:innengruppen und externen Softwareentwicklern wurden diese drei Schwerpunkte in Form von vier VR-Modulen entwickelt.

Mit Hilfe der curricularen Verantwortlichen wurden zeitliche und finanzielle Ressourcen für die Implementiert akquiriert und das *Center for Medical Innovation and Technology* (CeMIT) als eines der größten VR-Labore in Deutschland aufgebaut.

Schließlich konnte mit der ersten Phase der Evaluation im Rahmen des Blockpraktikums Chirurgie gezeigt werden, dass die Virtual Reality Simulationen positiv von den Studierenden angenommen werden und eine sinnvolle Ergänzung zum bestehenden Curriculum der medizinischen Ausbildung darstellen.

Insgesamt konnte durch die Entwicklung innovativer und einzigartiger Virtual Reality Anwendungen ein Curriculum geschaffen werden, dass zukünftig über die gesamte medizinische Ausbildung hinweg Virtual Reality basierte Lehrsimulationen im Rahmen der chirurgischen Lehre im Curriculum der Universität zu Köln integriert. Hierdurch wird zukünftig nicht nur die medizinische und chirurgische Ausbildung profitieren, sondern auch die Patient:innensicherheit steigen.

2. Einleitung

Die Einbindung neuer Lehrformate und praxisnaher Ausbildung wird in der medizinischen Lehre immer bedeutsamer und soll mit dem Masterplan Medizinstudium 2020 weiter ausgebaut werden.¹ Hierbei werden die vertikale Integration von klinischen und vorklinischen Inhalten, gemeinsame interprofessionelle Lehrveranstaltungen, die Neustrukturierung des patientenbezogenen Unterrichts unter vermehrter Einbeziehung von medizinischen Simulationen, sowie die Entwicklung von kompetenzorientierten medizinischen Curricula einen immer größeren Bestandteil für die zukünftige medizinische Lehre darstellen.²

Seit der Einführung der „Approbationsordnung für Ärzte“ im Jahr 1972 erfolgte über die Jahre eine immer größere Verschiebung hin zu einer praxisnahen Ausbildung.² Seit der aktuellen Fassung der Approbationsordnung ist es den einzelnen medizinischen Fakultäten möglich neben dem klassischen Studiengang, auch einen Modellstudiengang anzubieten.³ Diese Möglichkeit nutzen deutschlandweit 10 medizinische Fakultäten: Aachen, Berlin, Bochum, Düsseldorf, Hamburg, Hannover, Köln, Mannheim, Oldenburg und Witten/Herdecke.⁴ Wesentliches Element des Modellstudiengangs ist der frühere Praxisbezug mit Aufbrechen der starren Trennung von Vorklinik (Theorie) und Klinik (Praxis), um hierdurch eine vertikale Integration von theoretischem Wissen und klinischer Tätigkeit über das Studium hinweg zu gewährleisten.⁴

Durch den wachsenden Anspruch an die Ausbildung mit immer mehr Lernstoff ist die Integration neuer Lernformate, bei begrenzter Lernzeit von 5500 Stunden, die das Medizinstudium umfasst, komplex.⁴

Dadurch stellt sich die Frage, wie praktische Fähigkeiten erlernt werden können, ohne zu einer Beschneidung der Patient:innensicherheit zu führen. Durch zunehmend besser informierte Patient:innen und einen zunehmenden Anspruch an die medizinische Versorgung zeigen sich Patient:innen zurückhaltend in der praktischen Ausbildung von Medizinstudierenden eingebunden zu werden.^{5, 6} Wiederum zeigte sich, dass Patient:innen aufgeschlossener sind eine praktische Tätigkeit durch einen Studierenden durchführen zu lassen, wenn im Vorfeld bereits ein Simulationstraining erfolgt war.⁷ 05.07.26 20:14:00

Die fehlende Möglichkeit alle praktischen ärztlichen Tätigkeiten am Patienten auszubilden, muss folgerichtig durch alternative Ausbildungskonzepte sichergestellt werden, um bei den Studierenden eine ausreichende Basis zu schaffen.

Mit dem zunehmenden Praxisbezug hielten daher zahlreiche neue Lehrmethoden Einzug in den medizinischen Ausbildungalltag meist zusammengefasst in einem sogenannten Skills Lab.⁸ Hier können Studierende an Hand von Simulationspuppen und Schauspielpatient:innen praktische Fähigkeiten trainieren und diese in Form von OSCEs (Objective structured clinical

Evaluation) geprüft werden.⁸ Hierdurch wird eine sichere Lernumgebung sowohl für Patient:innen als auch Studierende geschaffen.⁸ Neben praktischen Fähigkeiten können auch Soft-skills wie Teamwork, Teamführung, Arzt-Patienten-Kommunikation und das Treffen von Entscheidungen in kritischen Situationen geübt werden.⁸ Zusätzlich besteht die Möglichkeit direktes Feedback einzubringen, Fehler zu korrigieren und in einem Debriefing zu rekapitulieren.⁸

Die Einbindung neuer digitaler Lehrwerkzeuge wie medizinische Audio-Podcasts oder videobasiertes Lehren von praktischen Fähigkeiten haben sich nicht nur als effektive Lehrmethoden etabliert, sondern führen zusätzlich bei den Studierenden zu einer erhöhten Motivation.⁹ Zudem werden innovative Lehrmethoden und Prüfungsformate aktiv von Studierenden gefordert.¹⁰

Immer häufiger gelangen auch sogenannte Serious Games in den Fokus medizinischer Lehre.¹¹ Serious Games sind Spiele, die Wissensvermittlung und das Erlernen von Fähigkeiten auf unterhaltsame Weise in den Vordergrund stellen.¹¹ Durch die zunehmende Akzeptanz und Nutzung von Videospielen tritt daher auch das Lernen durch Serious Games immer mehr in den Vordergrund.¹¹ Sie ermöglichen Studierenden diagnostische und therapeutische Maßnahmen an virtuellen Patient:innen spielerisch und eigenständig zu erarbeiten.¹¹ So können praktische Erfahrungen gesammelt werden, ohne dass reale Konsequenzen für Patient:innen und Anwender:innen entstehen.¹² Daher entfalten virtuelle Simulationen und Serious Games ihr Potenzial vor allem in Simulationen zur Versorgung kritisch kranker Patient:innen als sichere Lernumgebung.¹²

Durch die technische Weiterentwicklung bietet Virtual Reality, kurz VR, vielversprechende Nutzungsmöglichkeiten. Die Virtual Reality ist eine virtuelle, dreidimensionale Umgebung, welche durch Hard- und Software Komponenten erzeugt wird.¹³ Durch Immersion, also das Eintauchen in diese neugeschaffene Welt und Interaktion bekommen Nutzer:innen das Gefühl Teil dieser Welt zu sein.¹³ Abhängig vom Grad der Interaktionsfähigkeit und den technischen Gegebenheiten steigt das Maß an Immersion.¹³ Je höher die Immersion, desto höher die Präsenz, also das Gefühl tatsächlich in der virtuellen Welt, statt in der realen Welt zu sein.¹³

Als sichere Lernumgebung nutzt VR die Vorteile von Serious Games und bietet zusätzlich ein hohes Maß an Immersion: Die Anwender:innen können dabei über die audiovisuellen Eindrücke in eine virtuelle Realität eintauchen.¹³ Dies führt nicht nur zu einer höheren Aufmerksamkeit der Studierenden und dadurch zu einem höheren Lernerfolg, sondern erlaubt auch eine weitestgehend realistische Simulation verschiedenster medizinischer Szenarien.^{14,15} Auch im Bereich der anatomischen Lehre können VR-basierte Lehrformate ein ergänzendes Werkzeug zu der Präparation von Körperspendern darstellen, um die komplexen dreidimensionalen Lageverhältnisse zu verstehen.^{15,16} Durch den finanziellen und personellen Aufwand eines Präparier Kurses wird dieser an zunehmend weniger Fakultäten angeboten

und mit Hilfe von Alternativen in Form von dreidimensionalen Modellen oder der Lehre der Anatomie am Lebenden ersetzt.¹⁷

Weiterhin können im Bereich der notfallmedizinischen Lehre realistische und komplexe Szenarien kosteneffizient durchgeführt und ohne reale Konsequenzen für Studierende und Patient:innen erlebt, wiederholt und dadurch trainiert werden.¹²

Dies kann auch im Bereich der interprofessionellen Lehre genutzt werden, da hier in der aktuellen medizinischen Ausbildung in Deutschland ein Defizit besteht.¹⁸ 05.07.26 20:14:00

Auch in diesem Bereich besteht ein zunehmender Anspruch und Notwendigkeit der klinisch tätigen Mitglieder eines Gesundheitsteams eng und aufeinander abgestimmt zusammen zu arbeiten.¹⁹ Laut WHO findet interprofessionelle Lehre dann statt, wenn mehrere Gesundheitsberufe über-, von- und miteinander lernen.²⁰ Studierende und Auszubildene, die in ihrer Ausbildung mit Hilfe von interprofessioneller Lehre gelernt haben, zeigen in der späteren Zusammenarbeit im Berufsalltag einen respektvolleren und positiveren Umgang mit Mitgliedern anderer Gesundheitsberufe.²¹ Außerdem verbessert interprofessionelle Lehre nachweislich das Patientenoutcome.²² Gemeinsame Lehrveranstaltungen mit Auszubildenden anderer Gesundheitsberufe haben über die letzten Jahre zwar zugenommen und sind sowohl in der Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Pflegeberufe als auch in der Approbationsordnung gefordert²³, allerdings bestehen keine Vorgaben oder einheitliche Konzepte für die Vermittlung interprofessioneller Lehrinhalte in Deutschland.¹⁸

Kernpunkte im Bereich der interprofessionellen Lehre sind daher die Rollen und Verantwortung von einem selbst und den anderen zu kennen, die Lösung von Konflikten, Kommunikation und Zusammenarbeit bzw. Teamwork.²⁴

2.1 Fragestellungen und Ziel der Arbeit

Die medizinische Ausbildung befindet sich im Wandel, wodurch neue Anforderungen an die medizinische Lehre gestellt werden. Durch ein wachsendes Patient:innenaufkommen und höhere Standards in der medizinischen Versorgung muss eine zunehmend praktisch orientierte und fokussierte medizinische Lehre stattfinden, damit sich Studierende ausreichend vorbereitet für die ärztliche Tätigkeit fühlen. Zusätzlich zu einer praxisnahen Ausbildung gewinnt die Einbindung neuer Lehrformate in der medizinischen Lehre an Bedeutung. Mit Hilfe von vertikaler Integration klinischer und vorklinischer Inhalte, gemeinsamer Interprofessioneller Lehrveranstaltungen mit anderen Gesundheitsberufen und der Neustrukturierung des patientenbezogenen Unterrichts unter vermehrter Einbeziehung von medizinischen Simulationen kann den hohen Ansprüchen an die moderne medizinische Lehre gerecht geworden werden. Die Entwicklung kompetenzorientierter Curricula stellt daher einen essenziellen Bestandteil erfolgreicher moderner medizinischer Lehre dar.

Virtual Reality Simulationen könnten durch die Erschaffene Immersion ein realistisches simulationsbasiertes Training abbilden und dadurch einen standardisierten und nachhaltigen Lerneffekt bieten als herkömmliche Simulationen.

Das Ziel dieser Dissertationsschrift ist die Entwicklung eines modernen chirurgischen Virtual Reality basierten Curriculums zur Einbindung von Virtual Reality als neues Lehrinstrument in der anatomischen und chirurgischen Lehre. Hierfür erfolgt eine Bedarfsanalyse als Online-Umfrage über die Plattform limesurvey unter Studierenden und Auszubildenden zu den Themen der aktuellen Lehre in Hinblick auf die Nutzung neuer Lehrformate, die Einstellung zu Interprofessionellen Lernen mittels RIPLS (Readiness for Interprofessional Learning Scale) Fragebogen und dem aktuellen Ausbildungsstand im Bereich der Notfallmedizin. Hierauf aufbauend wurden drei Virtual Reality Simulationen konzeptioniert: ein Modul zur anatomischen Lehre, eine Schockraumsimulation und ein interprofessionelles notfallmedizinisches Modul.

Die Virtual Reality Simulationen werden schließlich als eigenständiges Curriculum, dem „Surgical Track“ in die bestehende medizinische Lehre an der Universität zu Köln integriert. Zudem erfolgt zukünftig die wissenschaftliche Auswertung der Simulationen bezogen auf verschiedene Fragestellungen im Bereich der medizinischen Lehre.

Durch die Entwicklung und Integration dieses Virtual Reality basierten Curriculums soll das Training praktischer Fähigkeiten, die vertikale Integration vorklinischer und klinischer Studieninhalte und die interprofessionelle Zusammenarbeit in der medizinischen Lehre gestärkt werden, um den hohen Ansprüchen an die moderne und praxisnahe Ausbildung von Studierenden gerecht zu werden.

3. Material und Methoden

3.1 Sechsstufiges Modell zur Planung medizinischer Curricula nach Kern

Die Sechsstufige Modell zur Planung medizinischer Curricula nach Kern soll einen praktischen Leitfaden zur Entwicklung medizinischer Curricula geben.²⁵ Dieses Modell ist zum einen spezifisch zur Entwicklung medizinischer Curricula entwickelt worden und erlaubt andererseits durch den zyklischen Entwicklungsprozess eine ständige Neubewertung und Anpassung.²⁵ Daher und aufgrund der jahrelangen Erfahrung in der Entwicklung medizinischer Curricula mit dem Kern-Zyklus erfolgte die Entwicklung des Curriculums nach diesem Modell.²⁵

Die untenstehende Abbildung zeigt die sechs Schritte, welche zur Entwicklung medizinischer Curricula durchlaufen werden sollen und verdeutlicht die Bedingtheit der einzelnen Punkte untereinander.²⁵

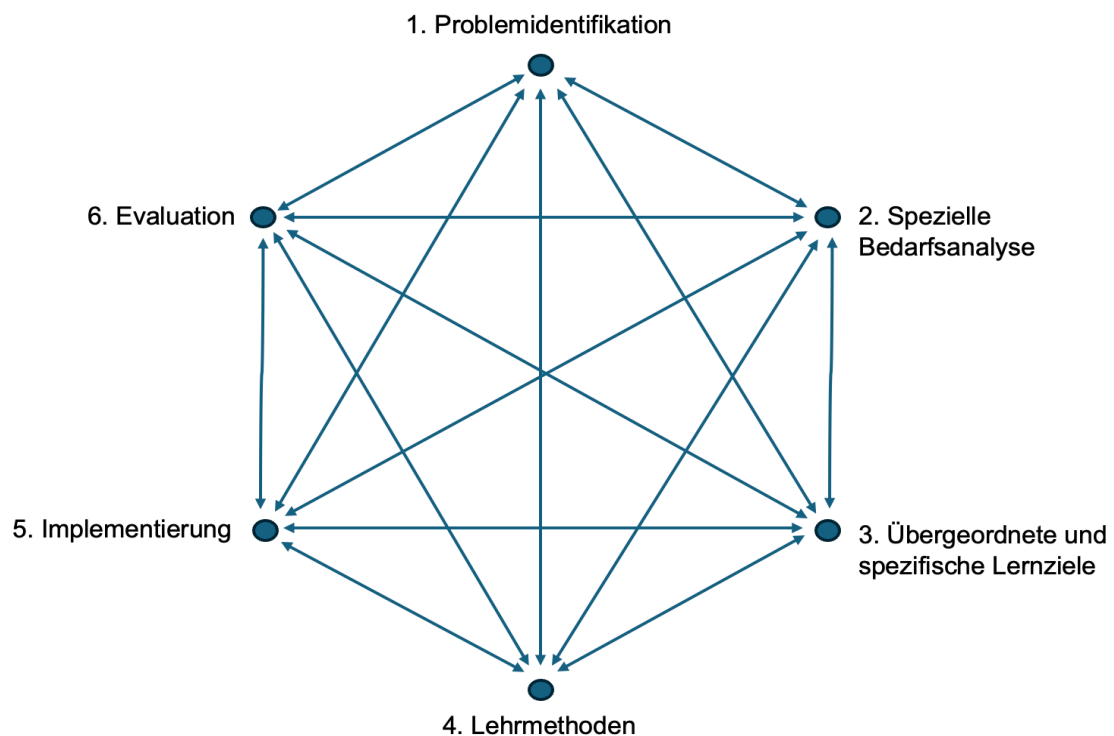


Abbildung 1: Schema zur Planung medizinischer Curricula nach Kern²⁵

3.1.1. Problemidentifikation

Am Beginn der Curriculums Entwicklung steht zunächst ein Problem oder ein vorhandener Bedarf aufgrund dessen eine Überarbeitung oder Neuentwicklung des Curriculums notwendig wird.²⁵ Im ersten Schritt steht daher die Identifikation eines Problems oder eines vorhandenen Bedarfs im Vordergrund.²⁵ Ist dies erfolgt, beginnt die kritische Analyse.²⁵ Dafür werden verschiedene Aspekte betrachtet: zunächst erfolgt die Identifizierung betroffener Personen,

sowie die Analyse der Art und Weise, quantitativ und qualitativ, inwiefern diese Personen von dem Problem oder dem nicht gedeckten Bedarf betroffen sind.²⁵ Anschließend erfolgt die Analyse, welche Folgen sich durch das identifizierte Problem für die Betroffenen Personen ergeben.²⁵

Ein essenzieller Teil der Problemidentifikation ist zudem die Analyse der aktuellen Herangehensweise im Bereich der Lehre, bezogen auf das identifizierte Problem, und zwar allschichtig: Das aktuelle Lehrformat und die Lehrmethoden, die Zufriedenheit der Studierenden, die aktuell Lehrenden Personen, die potentiellen Auswirkungen auf Patienten und das Gesundheitssystem, sowie die aktuell bereits getroffenen Maßnahmen.²⁵ Dahinter steht die Frage, wie die einzelnen Faktoren das Problem in Bezug auf das aktuelle Lehrformat beeinflussen.²⁵

Schließlich erfolgt die Identifizierung der idealen Herangehensweise an das Problem, sowie die Klärung personeller Zuständigkeiten.²⁵ Aus der idealen und der aktuellen Herangehensweise ergibt sich ein genereller Bedarf.²⁵

Zur Ermittlung des Bedarfs neuer Lehrformate auf der Basis von Virtual Reality erfolgte zunächst die Zusammenstellung eines Expertengremiums mit Expert:innen verschiedener Fachbereiche und Studierenden (siehe Implementierung 4.1.5 - Expertengremium). Hierdurch konnte ein breites Kompetenzniveau sowohl in Bezug auf den aktuellen Stand der medizinischen Lehre, im Bereich der vertikalen Verknüpfung von vorklinischen und klinischen Inhalten und der Notfallmedizinischen Lehre erreicht und dadurch das Problem durch eine interprofessionelle Herangehensweise identifiziert werden. Zusätzlich erfolgte die Analyse aktueller Vorgaben der medizinischen Lehre, sowie eine tiefgehende Literaturrecherche ähnlicher Curricula.

3.1.2. Spezielle Bedarfsanalyse

Nach Abschluss der allgemeinen Bedarfsanalyse, erfolgt in der speziellen Bedarfsanalyse die Identifizierung von Zielgruppen, der Lernumgebung und die Ansprüche an Lehrinhalte und Lehrmethodik.²⁵ Dabei ist vor allem die Anpassung an die Zielgruppe wichtig, das bedeutet die Zielgruppe muss genau definiert und bekannt sein, damit Lernniveau, Bedürfnis der Lernenden und die Lernumgebung optimal an den Bedarf der Zielgruppe angepasst werden kann.²⁵ Dies soll verhindern, dass zu lernende Inhalte auf Grund von fehlenden Vorkenntnissen nicht von der Zielgruppe erlernt werden können oder im Umkehrschluss bereits bekannt sind.²⁵ Methoden zur Umsetzung der speziellen Bedarfsanalyse können beispielsweise Umfragen innerhalb der Zielgruppe, Evaluationen vorheriger Curricula, Literaturanalysen, Interviews mit Betroffenen oder Fokusgruppendifkussionen sein.²⁵

Zur speziellen Bedarfsanalyse erfolgte nach Identifikation der Zielgruppe die Gründung einer Fokusgruppe von Studierenden und Auszubildenen zwecks Befragung und Diskussion, sowie eine Online-Umfrage in Bezug auf den aktuellen Stand der notfallmedizinischen Lehre und der Einstellung von Studierenden und Auszubildenen im Bereich der Interprofessionellen Zusammenarbeit als Bedarfsanalyse.

Die Bedarfsanalyse erfolgte von Dezember 2022 bis April 2023 als online Umfrage über die Plattform limesurvey. Einschlusskriterium war entweder ein begonnenes Studium der Humanmedizin, Pflegewissenschaft oder eine begonnene Ausbildung für Gesundheits- und Krankenpflege. Ausschlusskriterien wurden keine definiert, ein Ausscheiden aus der Umfrage war jederzeit ohne Angabe von Gründen möglich.

Studierende und Auszubildene wurden über den jeweiligen internen Mailverteiler durch Mitglieder des Expertengremiums über die Möglichkeit der Umfrageteilnahme informiert. Die Teilnahme an der Umfrage war freiwillig.

Befragt wurden die Teilnehmenden zu fünf Themenschwerpunkten: Allgemeine Angaben und Vorerfahrungen, Lerngewohnheiten, Videospielerfahrung/-verhalten, die Einstellung zu interprofessioneller Zusammenarbeit mittels RIPLS Fragebogen und der aktuelle Stand der notfallmedizinischen Lehre.²⁶

Allgemeine Angaben und Vorerfahrungen zu erheben, diente der internen Bewertung, ob eine heterogene Verteilung unter den Teilnehmenden und damit die Abbildung aller Studierenden und Auszubildenen erfolgen kann. Hier wurde erhoben, mit welchem Geschlecht sich die Teilnehmenden identifizieren, in welchem Ausbildungsabschnitt sich diese befinden, an welchem Standort die Ausbildung stattfindet und ob unter den Studierenden im Vorfeld eine Ausbildung begonnen bzw. abgeschlossen wurde.

Lerngewohnheiten wurden einerseits durch die Selbsteinordnung des eigenen Lerntyps nach Fleming, andererseits über die Nutzung von Medien der Teilnehmenden untersucht, um hierdurch zu erheben, wie die meisten Studierenden und Auszubildenen in Gesundheitsberufen am besten lernen und wie häufig und welche Medien sie zur Unterstützung nutzen.²⁷ Mittels Freitextfrage konnte zudem beschrieben werden, was gute Lehre in den Augen der Studierenden und Auszubildenen ausmacht.

Videospielerfahrungen und Verhalten wurden quantitativ erhoben, bezogen auf die Häufigkeit der Videospielnutzung aktuell, die Erfahrungen mit Virtual Reality und das Erleben von Motion Sickness bzw. Erhebung von Risikofaktoren von Motion Sickness betroffen zu sein.

Interprofessionelle Lehre wurde mittels RIPLS (Readiness for Interprofessional Learning Scale) erhoben.²⁶ Dies stellt einen Fragebogen mit 19 Items dar, welcher mittels fünfstufiger Likert Skala („strongly agree“, „agree“, „undecided“, „disagree“, „strongly disagree“) die Bereitschaft gemeinsam zu lernen erfassen kann.²⁶ Die 19 Items verteilen sich hierbei auf 3 Unterkategorien: „Team- und Zusammenarbeit“, „Professionelle Identität“ und „Rolle und

Verantwortungsbereich“ wobei hier 14 positive und 5 negative Items (Items 10, 11, 12, 18, 19) formuliert wurden, jedoch spricht eine hohe Punktzahl sowohl bei positiven als auch bei negativen Items für eine hohe Bereitschaft gemeinsam zu lernen.²⁶ Der RIPLS wurde im Vorfeld bereits in mehrere Sprachen übersetzt, durch die Universitätsklinik Heidelberg der Allgemeinmedizin und Versorgungsforschung auch in die deutsche Sprache.²⁸ Im Rahmen dieser Umfrage erfolgte eine eigene Übersetzung des RIPLS im Konsensverfahren.

Schließlich erfolgte die Erhebung des Ausbildungsstandes der notfallmedizinischen Lehre. Hier wurden Anhand von fachlichen Grundlagen und Fallbeispielen erhoben, ob und in welchem Umfang (theoretisch oder praktisch) diese vermittelt werden und inwieweit sich die Teilnehmenden sicher in der Durchführung oder Handhabung selbst einschätzen. Die fachlichen Grundlagen und Fallbeispiele wurden im Vorfeld durch die interdisziplinäre und interprofessionelle Expertenkommission Notfallmedizin im Konsensverfahren zusammengestellt. Ziel der Fallbeispiele war es Notfälle abzudecken, die im klinischen Alltag auf der Normalstation im Rahmen der Arbeit als Stationsarzt oder Pflegefachkraft am häufigsten vorkommen. Die Teilnehmenden sollen sich in die Situation eines Stationsarztes/Pflegefachkraft einfühlen und erleben eine Notfallsituation auf der Normalstation. Es wird eine Verdachtsdiagnose genannt, die Studierenden der Humanmedizin und Auszubildenden für Gesundheits- und Krankenpflege sollten selbstständig einschätzen, wie sicher sie sich fühlen, die Situation bis zum Eintreffen eines Oberarztes zu stabilisieren. Schließlich konnten die Teilnehmenden noch in 4 Items über eine fünfstufige Likert-Skala angeben, inwieweit mehr Notfallmedizinische Lehre gewünscht wird.

Die Auswertung der Umfrage erfolgte in SPSS mittels deskriptiver Statistik.

3.1.3. Übergeordnete und spezifische Lernziele

Als nächster Schritt in der Curriculums Entwicklung erfolgte die Identifikation übergeordneter und spezifischer Lernziele, welche sich am zuvor ermittelten Bedarf orientieren.²⁵ Übergeordnete Lernziele sind allgemeiner zu fassen und geben die langfristigen Ziele des Curriculums wieder, wohingegen die spezifischen Lernziele, orientierend an den übergeordneten Lernzielen, messbar und detailliert die Ziele des Curriculums beschreiben.²⁵ Die Erstellung der Lernziele gilt als kritischer Punkt innerhalb der Entwicklung eines Curriculums, da hierdurch sowohl der curriculare Inhalt als auch die passende Lehrmethode bestimmt wird.²⁵ Außerdem wird durch die Lernziele auch Außenstehenden klar, welche Eckpunkte die Basis des Curriculums ausmachen.²⁵ Zusätzlich dienen die Lernziele als Basis für die spätere Evaluation, an der sich der Erfolg des Curriculums misst.²⁵

Die Ermittlung und Zusammenstellung der Lernziele erfolgte in enger Abstimmung eines Expertengremiums. Hierbei wurden sowohl die übergeordneten Lernziele des Curriculums als auch die spezifischen Lernziele der einzelnen Module formuliert.

3.1.4. Lehrformate und Lehrmethoden

Zur Abbildung und Vermittlung der Lernziele muss eine geeignete Lehrmethode und ein Lehrformat ausgewählt werden.²⁵ Hierbei stehen unterschiedlichste Herangehensweisen zur Auswahl, welche in enger Abstimmung mit den formulierten Lernzielen ausgewählt werden sollten.²⁵ Welches Lehrformat ausgewählt wird und wie die eigentliche Gestaltung dessen aussehen wird, kann beispielsweise durch Gruppendiskussionen, Literaturrecherche, Expertenmeinung und Meinung der Studierenden ausgewählt werden.²⁵ Hierbei muss außerdem eine Identifizierung personeller und infrastruktureller Ressourcen stattfinden, um das angestrebte Lehrformat ausreichend umsetzen zu können.²⁵ Neben der Auswahl des eigentlichen Lehrformats ist zudem die Methode des Assessments und des Feedbacks der Zielgruppe zu definieren.²⁵

Auf Grund des Fokus des Curriculums auf Virtual Reality basierte Lehre wurden vorab passende Lehrformate und Lehrmethoden mittels Literaturrecherche ausgewählt und innerhalb einer Expertengruppe, bestehend aus aktiv in der Lehre beteiligten Fachpersonal, als auch Studierende und Auszubildende, vorgestellt und diskutiert.

3.1.5. Implementierung

Die Implementierung umfasst zum einen die Implementierung des neuentwickelten Curriculums.²⁵ Dafür werden zunächst organisatorische Rahmenbedingungen definiert in Form von zeitlichen, personellen und finanziellen Ressourcen, welche für das Curriculum zur Verfügung stehen.²⁵ Zusätzlich sollen Limitationen und potenziell auftretende Probleme identifiziert und analysiert werden, sowie die einzelnen Arbeitsphasen geplant werden.²⁵ Hierzu gehören sowohl die Konzeptionierung des curricularen Materials als auch die Planung der Evaluation des Curriculums.²⁵ Abschließend kann eine Pilotphase angeschlossen werden, um das Curriculum vorab mit Hilfe einer repräsentativen Gruppe zu evaluieren.²⁵

Zeitliche, personelle und finanzielle Ressourcen wurden in Absprache mit den curricularen Verantwortungsträgern nach erfolgter SWOT-Analyse festgelegt. Durch diese können Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken identifiziert und im Entwicklungsprozess adressiert werden.²⁹

Interne Limitationen und externe potenziell auftretende Probleme wurden mittels Brainstorming der Expertengruppe gesammelt und analysiert, um Lösungsstrategien zu entwickeln.

Für die Konzeptionierung des Curriculums wurde zunächst ein Projektstrukturplan erstellt, mit Hilfe dessen die Ziele der Curriculums Entwicklung in kleinere Arbeitspakete unterteilt, graphisch dargestellt und Abhängigkeiten frühzeitig erkannt werden können.³⁰

Um den zeitlichen Rahmen des Projektes zu definieren, wurde eine Projektzeitleiste entwickelt.

Für die Kommunikation mit der Expertengruppe, den Programmierern und den Studierenden, sowie als unterstützendes visualisierendes Tool für die Entwicklung des Curriculums und der Verteilung von Zuständigkeiten, wurde ein Kanban-Board mittels der Plattform „trello“ entwickelt.³¹

Schließlich wurden verschiedene Pilotphasen, entsprechend dem Entwicklungsstand der Virtual Reality Anwendungen agil geplant. Da sich das Curriculum über das gesamte Studium hinweg aufbauend erstreckt, wurden Pilotstudien zu den einzelnen VR-basierten Anwendungen geplant. Kritisches Feedback wurde in regelmäßigen Abständen agil anhand des Entwicklungsstandes der jeweiligen VR-Anwendungen mit Hilfe von Freitext Evaluationsfragebögen zur Verbesserung der VR-Anwendungen durch Studierende und ausgewählte Experten der Expertengruppe, sowie externen Experten eingeholt und umgesetzt.

Expertengremien

Zur Erarbeitung der detaillierten Konzepte und Storyboards aller VR-Module wurden vier verschiedene Expertengruppen gebildet. Am Ende der Konzeptionierung erfolgte mittels Real-time-Delphi im Konsensverfahren die Annahme der jeweiligen ausgearbeiteten Konzepte. Hierdurch werden fachliche Kompetenz und Fehlererkennung gesichert.³²

Konzeptionierung der Module des Curriculums „surgical track“

Für das Curriculums „surgical track“ an der Universität zu Köln wurden insgesamt drei Virtual-Reality basierte Module entwickelt. Grundsätzliches Ziel des Curriculums ist es, den Studierenden chirurgisch-interdisziplinäre und interprofessionelle Expertise und Fähigkeiten kontinuierlich über das gesamte Medizinstudium hinweg zu vermitteln. Hierfür wurde ein besonderes Augenmerk auf die vertikale Integration von Wissen, das Training von Notfallsituationen und das Schockraumtraining in Kombination mit interprofessionellen und interdisziplinären Aspekten gesetzt.

Die Konzeptionierung der einzelnen Virtual Reality Modulen erfolgte durch Literaturrecherche und darauf aufbauend erstellten Konzepten und detaillierten Ausarbeitungen aller relevanten Aspekte.

Im Folgenden wird die Methodik der Konzeptionierung bezogen auf die drei Virtual-Reality basierten Module detailliert beschrieben.

Literaturrecherche, Auswertung und Erstellung der Konzepte

Zu Beginn erfolgte zunächst eine ausgiebige Literaturrecherche über ähnliche Konzepte in der medizinischen Lehre, welche aufzeigten, welche Möglichkeiten mit der Virtual Reality Technologie bestehen und an welchen Punkten Limitierungen vorliegen. Der vermutlich größte Vorteil von Virtual Reality ist die Immersion.³³ Immersion bedeutet, dass eine virtuelle Umgebung durch visuelle, sensorische und akustische Stimuli vom Nutzer als real empfunden wird.³³ Die eigentliche, reale Umgebung rückt durch das Eintauchen in die Virtuelle Realität in den Hintergrund, sodass die virtuelle Umgebung als annähernd real empfunden wird³³. Durch erfolgreiche Immersion einer VR-Anwendung können Emotionen bei der/dem Anwender:in hervorgerufen werden, die den Emotionen in der realen Situation näherkommen, als bei klassischen Simulationen.³⁴ Dies ist vor allem in der medizinischen Lehre von Notfallsituationen von großer Bedeutung, da hier Lehre auf Grund zeitkritischer Situationen nur in kontrollierten Umgebungen wie beispielsweise Simulationen mit Schauspielpatienten oder Simulationspuppen und damit mit großem Aufwand, stattfinden kann.³⁵ Hinzu kommt, dass durch Virtual Reality Situationen trainiert, werden können, in denen das Scheitern der Anwender keine Auswirkungen auf reale Patient:innen hat.³⁶ Hierdurch können Teamarbeit, Arbeitsabläufe, diagnostische Entscheidungen und Auswertungen, sowie die letztendliche Therapie in einer sicheren Umgebung trainiert werden.³⁷

Weiterhin bietet VR-Technologie die Möglichkeit von dreidimensionaler Darstellung.¹³ Dies ist vor allem in der anatomischen Lehre ein entscheidender Faktor, da neben der Lehre am Körperspender und an anatomischen Modellen, komplexe dreidimensionale Lageverhältnisse aus einem zweidimensionalen Bild erlernt werden müssen.¹⁷ Dadurch ermöglicht VR die detaillierte Darstellung anatomischer Strukturen, im besonderen Maße kann dieser Vorteil für die Lehre der topographischen Anatomie genutzt werden.¹⁶

Für das Training von motorischen Fähigkeiten ist die VR-Technologie dagegen auf Grund fehlender Haptik noch nicht geeignet, da bisher keine markttauglichen Systeme existieren, die die motorischen Bewegungen der Hände bis ins kleinste Detail übertragen.³⁸ Daher müssen für einige motorischen Fähigkeiten Alternativen geschaffen werden, welche den Arbeitsablauf im gesamten nicht stören und die Immersion nicht brechen dürfen, allerdings in gewissen Maßen weiterhin einen edukativen Charakter besitzen.³⁸

Die optimale Nutzung und Umgehung der hier beschriebenen Vor- und Nachteile der VR-Technologie wurden daher im Besonderen in der Konzeptionierung der drei VR-Module bedacht.

Unter Beachtung übergeordneter und spezifischer Lernziele erfolgten ausgiebige Literaturrecherchen, um die Module thematisch fehlerfrei und Leitlinien- bzw. Lehrbuchorientiert darstellen zu können.

Module Anatomie

Bei der thematischen Auswahl der anatomischen Module standen folgende Überlegungen im Vordergrund: welche Themen sind mit konventionellen Lehrmethoden auf Grund der komplexen Lagebeziehung schwer zu verstehen, wo bestehen ausgeprägte klinische Zusammenhänge und was kann durch Virtual Reality optimal abgebildet werden. Die anatomischen Module wurden hiernach thematisch in drei Schwerpunkte gegliedert: in das Themengebiet des Leistenkanals, der Bursa omentalis und die Lehre der topographischen Anatomie im chirurgisch-praktischen Kontext mittels viszeralchirurgischer Operationssimulationen. Der Leistenkanal und die Bursa omentalis bilden hierbei anatomische Strukturen ab, die sich durch ihre komplexe Topografie und breite klinische Relevanz auszeichnen.

Für die anatomischen Module mit klinisch relevantem Kontext des Leistenkanals und der Bursa omentalis wurden mit Hilfe des NKLM und des Gegenstandskatalogs der Anatomie der Uniklinik Köln die spezifischen Lernziele definiert und mittels gängiger Lehrformate (Atlas *Sobotta*, *Kurzlehrbuch Anatomie*, *Duale Reihe Anatomie*, online Lernplattform *AMBOSS*) themenspezifisch ausgearbeitet.^{39,40,41,42}

Mittels der erfolgten Analyse wurde eine geführte virtuelle Tour durch den Leistenkanal und die Bursa omentalis geplant, welche alle relevanten Lernziele adressiert und den Lerninhalt damit den Studierenden von der anatomischen Präparation bis zu klinisch-kontextrelevanten Inhalten komprimiert und in spielerischer Art und Weise vermittelt. Die Anwendung umfasst dabei einen „*Lernmodus*“, in dem die Studierenden alle relevanten Informationen in Form eines audiovisuell immersiven Lernsimulation dargestellt bekommen und einen „*Quizmodus*“ in welchem die gelehrt Informationen durch interaktive Quizfragen selbstständig erarbeitet und überprüft werden können. Bei der Erstellung der interaktiven Quizfragen war das Ziel einerseits prüfungsrelevante Information im Sinne der Lernziele abzufragen und andererseits die Vorteile von VR-Technologie größtmöglich zu nutzen, um vor allem das Verstehen von dreidimensionalen Komplexen Lageverhältnissen zu vereinfachen. Auf klassische MC-Fragen sollte nach Möglichkeit verzichtet werden.

Für das Modul der topographischen Anatomie soll einen vereinfachten Überblick über die notwendigen und wichtigen Schritte verschiedener viszeralchirurgischer Operationen bieten

und so ähnlich wie ein interaktiver Operationsatlas als Vorbereitung auf die jeweilige Operation dienen.

Aus den erarbeiteten Grundlagen erfolgte danach die Erstellung eines finalen Konzeptes in dem Ziele der Anwendung, Menüführung, allgemeine Funktionen und spezielle Funktionen der Anwendungen detailliert dargestellt wurden.

Modul Schockraum

Das Schockraummodul wurde als teambasierte Multiplayer VR-Simulation geplant. Hierbei können bis zu drei Anwender:innen gemeinsam als interdisziplinäres ärztliches Team in einem virtuellen Schockraum unter standardisierten und gesicherten Bedingungen trainieren. Ziel der Anwendung ist das Kennenlernen und Trainieren dieser Abläufe und die Verbesserung der teaminternen Kommunikation.

Durch ein Expertengremium und Recherche unterschiedlicher Leitlinien wurden notwendige ärztliche Rollen als Mindestmaß für die Besetzung eines Schockraumteams identifiziert.

Pflegefachkräfte und weitere Ärzte können in begrenzten Maßen als sogenannte non-playable characters (NPCs) zu Beginn der Anwendung hinzugefügt werden, um das Team zu unterstützen.

Gemeinsam mit dem Expertengremium Schockraum wurde sich vorab auf den klinischen Fall einer Milzruptur geeinigt. Dieser klinische Fall sollte in vier unterschiedlichen Schwierigkeitsgeraden dargestellt werden, damit die Anwender:innen nicht nur die Möglichkeit haben, die Abläufe im Schockraum zu erlernen, sondern in steigender Komplexität weiter zu trainieren und das erlernte Wissen dadurch zu festigen. Die unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade werden durch einen unterschiedlich stark verletzten Patienten beziehungsweise eine Patientin widerspiegelt: im ersten Schwierigkeitsgrad hat der/die virtuelle Patient:in nur den Verdacht auf eine Milzruptur, allerdings schließlich keine Verletzung und ist in der gesamten Simulation kardiorespiratorisch stabil, im letzten Schwierigkeitsgrad hat der/die virtuelle Patient:in eine schwere Milzruptur AAST Grad IV und ist hochgradig kardiorespiratorisch instabil.

Zur Konzeptionierung der Anwendung erfolgten die Erarbeitung verschiedener Punkte: Der/die virtuelle Patient:in wurde in vier verschiedenen Schwierigkeitsgeraden erstellt. Hierfür wurde mit Hilfe der Lehrbücher *Notfälle in der Allgemein- und Viszeralchirurgie*, *Chirurgie*, sowie der Lernplattform AMBOSS die klinische Symptomatik des/der virtuellen Patient:in für die unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen recherchiert und auf messbare Vitalparameter mit einem zeitlichen Verlauf übertragen.^{43,44,41} Anschließend wurde dieser zeitliche Verlauf der Vitalparameter durch ein Gremium an Expert:innen im Konsensverfahren verifiziert.

Zudem wurde das generelle Vorgehen im Schockraum recherchiert, im Sinne einer first und second survey und dem ABCDE-Schema, und dieses als Grundlage für alle

Schwierigkeitsgrade festgelegt.⁴⁵ Im Level 1 Szenario können die Teilnehmenden zudem dieses Vorgehen im Schockraum durch einen virtuellen Oberarzt erlernen.

Anschließend wurden alle Handlungsmöglichkeiten im Schockraum identifiziert. Hierfür wurden zunächst alle diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen gesammelt und nach dem ABCDE-Schema eingeteilt. Hierunter fallen auch Maßnahmen, welche für das gewählte Szenario einer Milzruptur nicht notwendig wären, allerdings trotzdem im Schockraum durchgeführt werden können, um den Anwender:innen dieselben Möglichkeiten wie in einem realen Schockraum zu ermöglichen und im Verlauf mit geringem Aufwand weitere Krankheitsbilder simulieren zu können. Bei der Umsetzung der einzelnen Handlungsmöglichkeiten in die Virtuelle Realität müssen auf Grund der o.g. Problematik von Einbindung haptisch-feinmotorischer Verfahren in VR eine alternative Darstellungsmöglichkeit gefunden werden, da eine direkte Umsetzung wie in der Realität nicht immer sinnvoll erscheint. Beispielsweise erweist sich das Legen eines peripheren venösen Zugangs in der virtuellen Realität als deutlich komplizierter, wodurch es während der Simulation zu Prolongation der Behandlung und damit Frustration bei den Anwender:innen kommen könnte. Um dies zu vermeiden wurde ein einheitliches Konzept zur Umgehung und Vereinfachung kleinteiliger motorischer Handlungsabläufe erarbeitet, welches gleichzeitig einen edukativen und interaktiven Charakter beibehält.

Weiterhin wurden zu allen Handlungsmöglichkeiten, diagnostisch und therapeutisch, Konsequenzen erarbeitet. Diagnostische Handlungen haben als Konsequenz ein Feedback für die Anwender:innen. Führen die Anwender:innen also eine bestimmte diagnostische Handlung aus, z.B. die Sonographie des Abdomens, müssen je nach Schwierigkeitsgrad unterschiedliche Sonografie Bilder durch die virtuelle Simulation gezeigt werden. Das gleiche gilt für therapeutische Handlungen. Hier erfolgt die Konsequenz allerdings als direkte Auswirkung auf den/die Patient:in, zum Beispiel spiegelt sich die Gabe von Flüssigkeit über einen peripheren venösen Zugang, über die Vitalparameter im Zustand der Patient:innen wider. Hierbei müssen auch Handlungen und deren Konsequenzen berücksichtigt werden, welche in dem simulierten Szenario einer Milzruptur als nicht indiziert gelten und damit negative Auswirkungen auf die virtuellen Patient:innen haben.

Hieraufhin wurde die Leitliniengerechte Durchführung der Diagnostik und Therapie des spezifischen Falls einer Milzruptur und dem generellen Vorgehen bei Polytrauma/Schwerverletzten Patient:innen mit Hilfe der S3-Leitlinie *Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung*, chirurgischen Lehrbücher und der der Lernplattform AMBOSS recherchiert und festgelegt.^{46,43,44,41}

Schließlich wurden Konzepte für die Darstellung der Räumlichkeiten und der Avatare, die Ankündigung des virtuellen Patienten durch den Rettungsdienst, die Übergabe durch den Rettungsdienst und ein virtuelles Debriefing erarbeitet.

Modul Instabiler Patient

Auch das Modul *Instabiler Patient* wurde als teambasierter Multiplayer mit bis zu drei Anwender:innen konzeptioniert. Als interprofessionelle Anwendung sollen bei dieser VR-basierten Simulation zwei Pflegeschüler:innen gemeinsam mit einem Medizinstudierenden eine Notfallsituation auf einer virtuellen Normalstation meistern können. Die Anwendung hat daher zwei Schwerpunkte: zum einen die Verbesserung von interprofessioneller Zusammenarbeit bereits mit Beginn in der Ausbildung, zum anderen das Training von klassischen Notfallsituationen, wie sie in jeder medizinischen Abteilung in der stationären Patientenversorgung vorkommen können. Durch die gemeinsame Lehre soll daher die Zusammenarbeit beider Professionen gefördert werden, Vorurteile abgebaut werden und Notfallkompetenzen in der pflegerischen und medizinischen Ausbildung gestärkt werden.

Vorab wurden mittels Brainstormings und anschließender Konsensentscheidung in der *Expertengruppe Instabiler Patient* sieben verschiedene Notfälle festgelegt: Lungenarterienembolie, Myokardinfarkt bei der Frau, Myokardinfarkt beim Mann, Schlaganfall, Hypoglykämie, postoperative Blutung und Reanimation.

Zur Konzeptionierung der Anwendung erfolgten die Erarbeitung verschiedener Punkte. Die virtuellen Patient:innen wurde mit Hilfe der Lehrbücher *Notfälle in der Allgemein- und Viszeralchirurgie*, *Innere Medizin 2019*, sowie der Lernplattform AMBOSS die klinische Symptomatik der unterschiedlichen virtuellen Patienten recherchiert und auf messbare Vitalparameter und klinische Symptomatik übertragen.^{43,47,41}

Weiterhin wurden alle Handlungsmöglichkeiten auf der stationären Normalstation identifiziert und ausgearbeitet: Zunächst wurden alle diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen gesammelt, welche auf einer Normalstation im stationären Setting zur Verfügung stehen. Auf Grund der strukturellen Ungleichheit in unterschiedlichen Krankenhäusern, fiel die gemeinsame Entscheidung die viszeralchirurgische Normalstation der Uniklinik Köln als Vorbild in Bezug auf vorhandene Handlungsmöglichkeiten zu nehmen. Hierunter fallen auch Maßnahmen, welche für die gewählten o.g. Szenarien nicht notwendig wären, allerdings trotzdem auf der Normalstation durchgeführt werden können, um den Anwender:innen dieselben Möglichkeiten wie in einem realen Notfall zu geben. Bei der Umsetzung der einzelnen Handlungsmöglichkeiten in die Virtuelle Realität müssen auf Grund der o.g. Problematik der Einbindung von Motorik auch in diesem Modul Handlungsmöglichkeiten einheitlich vereinfacht und in die Virtuelle Realität übertragen werden. Diese Umsetzung der Handlungsmöglichkeiten und auch die Erarbeitung der Konsequenzen aller Handlungsmöglichkeiten erfolgte analog zu der Umsetzung der Handlungsmöglichkeiten im Schockraum Modul. Auch hier müssen sowohl Handlungen und deren Konsequenzen berücksichtigt werden, welche in dem simulierten VR-Szenarien als indiziert und nicht indiziert

gelten würden und damit sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die virtuellen Patienten ausgearbeitet werden.

Weiterhin wurde die Leitliniengerechte Durchführung der Diagnostik und Therapie aller o.g. Krankheitsbilder mit Hilfe der S2k-Leitlinie *Diagnostik und Therapie der Venenthrombose und Lungenembolie*, der Pocket-Leitlinie: *Therapie des akuten Herzinfarktes bei Patienten mit ST-Streckenhebung (STEMI)*, die S3-Leitlinie *Schlaganfall*, S3-Leitlinie *Typ-2-Diabetes*, Update und Kommentar der Leitlinie zur *kardiopulmonalen Reanimation*, dem Paper *Differenzierte Therapie der akuten Blutung Hämostase, Hämotherapie und Hämodynamik*, den Lehrbüchern *Herold: Innere Medizin 2019*, *Chirurgie* und der der Lernplattform AMBOSS recherchiert und festgelegt.^{48,49,50,51,52,53,47,44,41}

Weiterhin wurden Konzepte für die Darstellung der Räumlichkeiten, der Avatare und der virtuellen Patient:innen, die virtuelle Schichtübergabe der Patienten an die Pflegeschüler:innen und ein virtuelles Debriefing erarbeitet.

Zusammenarbeit bei der Softwareentwicklung

Zur Umsetzung der erarbeiteten Konzepte aller Module wurden mit Hilfe von zwei Ausschreibung, je eine für die Module Anatomie und eine für die Module Schockraum und instabiler Patient, zwei verschiedene Firmen für Softwareentwicklung nach vorher festgelegten Kriterien ausgewählt. Die Auswahl erfolgte über die Vergabe von Punkten in Bezug auf den Preis (400 Punkte) und die Qualität (600 Punkte) mit definierten Unterkriterien bezogen auf die eingereichten Angebote und Präsentationen der unterschiedlichen Firmen für Softwareentwicklung. Für die Ausschreibung der Module Anatomie erfolgte die Punktevergabe durch eine Konsensentscheidung im Expertengremium Anatomie, für die Ausschreibung der Module Schockraum und instabiler Patient erfolgte die Punktevergabe durch eine Konsensentscheidung beider Expertengruppen (Schockraum, instabiler Patient). Für die Umsetzung der Module Anatomie erhielt die Firma *OramaVR* den Zuschlag, für die Umsetzung der Module Schockraum und instabiler Patient erhielt die Firma *Northdocks* den Zuschlag.

Im Folgenden werden kurz die Zusammenarbeit mit den Firmen zur Umsetzung der Konzepte zu Virtual Reality Simulationen erläutert.

Die Konzepte der Module Anatomie wurden zunächst für die Module Leistenkanal, Bursa Omentalis und Topographische Anatomie in je ein Storyboard umgewandelt. Insgesamt wurden daher drei Storyboards erstellt. Ein Storyboard beschreibt den chronologischen Ablauf der VR-Simulation Schritt für Schritt und sehr detailliert. Zusätzlich wurden anatomische Bilder aus Lehrbüchern, erstellte Videoaufnahmen der anatomischen Präparation des Leistenkanals und der Bursa omentalis, sowie Bilder und Videos der dargestellten Viszeralchirurgischen Operationen für die Entwicklung bereitgestellt. Die Storyboards wurden, unterstützt durch Bilder und Videoaufnahmen, der Firma *OramaVR* anschließend in drei Online-Meetings

erläutert und anschließend durch die Programmierer in eine Art überblickendes Storyboard umgewandelt, welches den groben Ablauf beschreiben sollte. Die Kommunikation erfolgte über die Plattform *slack*, auf welcher bei Bedarf Fragen zu Details der Umsetzung gestellt werden konnten. Zwischenstände der Entwicklung der Module wurden der Arbeitsgruppe als alpha- und beta-Versionen in regelmäßigen Abständen zur Verfügung gestellt und durch die Arbeitsgruppe und Externe Studierende und Ärzt:innen getestet. Das Feedback wurde im Freitextstil aufgeteilt in die Kategorien „Handhabung“, „Optik“ und „Verbesserungen“ gesammelt, den Programmierern zur Verfügung gestellt und anschließend darauf aufbauend die VR-Simulationen angepasst werden konnten.

Die Konzepte der Module Schockraum und instabiler Patient mit Bildern von medizinischen Produkten, Kleidung und Gerätschaften wurden der Firma Northdocks zur Verfügung gestellt. Zu Beginn der Zusammenarbeit erfolge außerdem ein Besuch des Teams in der Kölner Uniklinik zur Besichtigung des Schockraums und der viszeralchirurgischen Normalstation, um die visuelle Darstellung an diese Umgebung anzupassen. Die Kommunikation mit *Northdocks* erfolgte über ein eigenes *Trello* Board. Es wurden regelmäßige wöchentliche Treffen vereinbart, an denen zum einen der aktuelle Fortschritt der Entwicklungsarbeit gezeigt wurde und zum anderen aufkommende Fragen diskutiert und gelöst werden konnten.

Auch hier wurden der Arbeitsgruppe in regelmäßigen Abständen alpha- und beta-Versionen zur Verfügung gestellt, welche nach dem gleichen o.g. Prinzipien evaluiert und kommuniziert wurden.

3.1.6. Evaluation

Die Evaluation des Curriculums kann das Individuelle Abschneiden der Nutzer messen, das Curriculum als Ganzes evaluieren oder beides. Dafür müssen zunächst die Anwender identifiziert werden.²⁵ Weiterhin muss festgelegt werden, ob die Evaluation summativen oder formativen Charakter haben soll.²⁵ Bei einer summativen Evaluation wird das Abschneiden qualitativ bewertet und beurteilt, während bei einer formativen Evaluation die Ergebnisse genutzt werden, um die Anwender zu fördern.²⁵ Dadurch kann einerseits weiterer Support für das Curriculum gesammelt werden, andererseits besteht die Möglichkeit durch summative Evaluation die Effektivität des Curriculums zu testen und zu beweisen.²⁵ Durch formative Evaluation kann das Curriculum in verschiedenen Aspekten verbessert und in bestimmten Punkten revidiert werden.²⁵ Durch die Evaluation kann zudem gezeigt werden, inwiefern das erlebte Curriculum empfunden wurde.²⁵ Anschließend werden mit den Lernzielen kongruente Fragen für die Evaluation entwickelt und ein Evaluationsdesign festgelegt.²⁵

Im Rahmen der Curriculumsentwicklung erfolgte nach Implementierung der ersten Virtual Reality Module im Sommersemester 2025 die Evaluation des Blockpraktikums Viszeralchirurgie in formativer Form.

Auf Grund des Umfangs des Curriculums wurde entschieden, dass die einzelnen VR-basierten Module zunächst getrennt voneinander evaluiert werden. Es wurden die Anwender:innen identifiziert, das Ziel der Evaluation durch Abstimmung in der Expertengruppe definiert, die Evaluationsfragen, Evaluationsmethode und das Evaluationsdesign bestimmt und Zeitpunkte bzw. Vorgehensweisen zur Datensammlung und Analyse festgelegt.

4. Ergebnisse

4.1 Das medizinische Curriculum nach dem sechsstufigen Modell nach Kern

4.1.1 Problemidentifikation

Wie einleitend beschrieben bedarf es einer stetigen Weiterentwicklung des Lehrangebotes, um den wachsenden Ansprüchen an Qualität der medizinischen Ausbildung und der medizinischen Versorgung im späteren klinischen Alltag gerecht zu werden. Durch Beschluss des Masterplan Medizinstudium 2020 soll der Ausbau neuer Lehrformate zur praxisnahen Ausbildung stark vorangetrieben werden.¹ Wichtig hierbei ist neben einer grundlegenden Basisausbildung auch die Einbindung interprofessioneller Lehrveranstaltungen und der vermehrte Einsatz von medizinischen Simulationen.²

Um dem in der chirurgischen Ausbildung an der Universität zu Köln gerecht zu werden, wurde beschlossen ein themenübergreifendes Curriculum basierend auf Virtual Reality zu entwickeln.

Die Anatomie des Menschen stellt die Basis der chirurgischen Ausbildung dar.¹⁷ An der Universität zu Köln wird die makroskopische Anatomie im Sommer- und Wintersemester im Rahmen der vorklinischen Ausbildung gelehrt.⁵⁴ Vorlesungen mit klinisch relevanten Quervernetzungen, Kleingruppenseminare und eigenständige anatomische Präparation am Körperspender werden durch freiverfügbare anatomische Lehrbücher und App-Anwendungen auf Tablets ergänzt.⁵⁴ Durch die zeitlich limitierte oder an einzelnen Universitäten auch die Abschaffung eines Präparierkurses mit Körperspendern, braucht es alternative Modelle und Möglichkeiten zur Darstellung der Dreidimensionalität und Lagebeziehungen anatomischer Strukturen.⁵⁵

Komplexe topographische Zusammenhänge wie beispielsweise in der Bursa omentalis lassen sich durch konventionelle Lehrmethoden nur schwer darstellen.¹⁷

Virtual Reality basierte anatomische Serious Games können durch die Dreidimensionalität Anwendungsmöglichkeiten zur Lehre des räumlichen Verständnisses bieten und auf spielerische Art Faktenwissen vermitteln und klinische Zusammenhänge schaffen.^{11,16}

Durch den zunehmenden Anteil einer praxisnahen chirurgischen Ausbildung stellt sich auch die Frage nach der Sicherstellung der Patientensicherheit.³⁷ Hier tritt die Rolle von Simulationstrainings in der Medizin immer mehr in den Vordergrund, denn gerade in medizinisch komplexen Situationen sind Simulationen zeitaufwendig, teuer und personalintensiv.³⁷ Ein standardisierter Ablauf ist so ebenfalls schwer zu gestalten.³⁷

Aktuell sieht die Studienordnung der Universität zu Köln für den Modellstudiengang Humanmedizin in der Fassung vom 23.03.2021 im Bereich der Notfallmedizin den Kurs „erste

Hilfe“ im ersten Studienabschnitt, die Kompetenzfelder „Airwaymanagement“ im 5. Semester und „kardiopulmonale Reanimation“ im 7. Semester, der Querschnittsblock „Notfallmedizin“ im 8. Semester und dem dazugehörigen Praktikum in einem Umfang von 24 Unterrichtsstunden im 9. Semester.⁵⁴ Zusätzlich können Studierende das Kölner interprofessionelle Skills Lab und Simulationszentrum (KISS) für das ärztliche Fertigkeitstraining besuchen.⁵⁴ Empfohlen werden 28 Unterrichtsstunden pro Semester zu absolvieren, um sich auf die Teilnahme an einem formativen „Objective structured clinical evaluation“ (OSCE) die Famulatureife im 5. Semester und einem summativen OSCE für die PJ-Reife im 9. Semester vorzubereiten.⁵⁴ Eigenständig trainiert werden können vornehmlich technische Fähigkeiten wie Punktionen, Hygiene, Chirurgisches Nähen, Ruhigstellungstechniken der Extremitäten und die kardiopulmonale Reanimation.⁵⁴

Im Rahmen der notfallmedizinischen praktischen Lehre zeigt sich daher, dass die Grundlegenden Fähigkeiten vermittelt werden, komplexere Situationen jedoch durch den hohen Simulationsaufwand nicht stattfinden und das selbstständige Training durch die fehlende Standardisierung erschwert ist.

Durch Virtual Reality können Simulationen standardisiert, zeit- und personalsparend durchgeführt werden.³⁶ Die dadurch entstehende Immersion führt zu einer hohen Präsenz der Anwender:innen, wodurch die Simulation als realistischer und intensiver als bei einer klassischen Simulation mit Puppen und Schauspielpatient:innen wahrgenommen wird.³⁴ Realitätsgetreue Notfallsituationen erzeugen in der Virtual Reality Simulation nicht nur ein realistisches Stresslevel unter den Anwender:innen, sondern können so sicher durchgeführt werden.^{34,37} Dabei bezieht sich die Sicherheit nicht nur auf die Patientensicherheit, die es in diesen kritischen Situationen besonders zu schützen gilt, sondern ermöglichen auch im späteren Arbeitsalltag als Ärzt:in die eigene Sicherheit mit dem Umgang in solchen Situationen zu stärken.³⁷

Fortführend zeigt sich themenübergreifend ein Mangel an interprofessioneller Lehre. Im Rahmen der Ausbildung der Universität zu Köln findet bisher kaum die durch den Masterplan 2020 geforderte interprofessionelle Lehre statt.^{54,1} Die ärztliche Ausbildung tangiert durch einen Krankenpflegedienst von drei Monaten lediglich diesen Bereich.⁵⁴

Entscheidend in einer Notfallsituation ist schließlich nicht nur das Ergreifen richtiger Maßnahmen, sondern auch die Kommunikation und Zusammenarbeit im Team aus verschiedenen Gesundheitsberufen.⁵⁶ Hierbei ist das gegenseitige Rollenverständnis essenziell, denn Unklarheiten über die eigene Rolle und die Rollen anderer Teammitglieder

stellen neben traditionellen Hierarchien und unterschiedlicher Kultur einzelner Professionen die häufigsten Hindernisse für effektives Teamwork dar.⁵⁶

Im Bereich der interprofessionellen Lehre klafft eine deutliche Lücke, die es zu schließen gilt. Folglich wurde beschrieben, dass sowohl der Bedarf für die Einbindung neuer Lehrformate zur Simulation von Notfallsituationen besteht als auch die vermehrte Einbindung interprofessioneller Lehre ein essenzieller Teil notfallmedizinischer Lehre darstellen muss, um eine allumfassende und patientensichere Versorgung zu gewährleisten.

Betroffene Gruppen des Problems sind daher Auszubildene und Studierende von Gesundheitsberufen.

Weiterhin die Lehrenden Personen, denn die zunehmende Verdichtung des Lernstoffes mit der Forderung nach personal- und zeitintensiven Simulationstrainings erfordern eine dezidierte Planung, erschwerter Standardisierung des Szenarios und einer häufigen Abhängigkeit von anderen beteiligten Personen, wie Schauspielpatient:innen oder Demonstrationspatient:innen. Bei der Planung interprofessioneller Lehrformate müssen zudem nicht nur die zeitlichen Vakanzen der eigenen Fakultät, sondern auch des Ausbildungsinstituts anderer Gesundheitsberufe beachtet werden und gemeinsam mit den dortigen Lehrverantwortlichen ein Konzept erarbeitet werden, um interprofessionelle Lehrveranstaltungen in den Lehrplan einbinden zu können.

Die letzte betroffene Personengruppe sind Patient:innen, die durch das beschriebene Problem durch bessere anatomische Kenntnisse, mehr Simulationstrainings und interprofessionelle Lehre von einer besseren Patientenversorgung profitieren.

4.1.2 Spezielle Bedarfsanalyse

Durch die Festlegung der Zielgruppe mit dem Fokus auf Medizinstudierende und Auszubildene in Pflegeberufen erfolgte im Rahmen der speziellen Bedarfsanalyse zunächst die Gründung einer Fokusgruppe.

Ziel war es eine möglichst heterogene Verteilung der verschiedenen Ausbildungsstände abzudecken: 7 Studierende der Humanmedizin an der Universität zu Köln (2. Semester, 3. Semester, 5. Semester, 7. Semester, 8. Semester, 2 PJ-Studierende) und 2 Auszubildene der Gesundheits- und Krankenpflege (1. und 3. Ausbildungsjahr).

Zunächst wurde das identifizierte Problem geschildert und innerhalb von mehreren online Sitzungen über die Plattform Zoom mittels Brainstormings mögliche Lösungsansätze gesammelt. Im weiteren Verlauf der Curriculums Entwicklung erfolgten regelmäßige Feedbackgespräche über die Implementierung des Curriculums. Hierdurch konnte der Fokus auf eine Zielgruppenorientierte Entwicklung sichergestellt werden.

Weiterhin erfolgte eine breite Erhebung unter der Zielgruppe mittels Online-Umfrage. Diese teilte sich in fünf Schwerpunkte auf: Allgemeine Angaben und Vorerfahrungen, Lerngewohnheiten, Videospielerfahrung/-verhalten, die Einstellung zu interprofessioneller Zusammenarbeit mittels RIPLS Fragebogen und der aktuelle Stand der notfallmedizinischen Lehre.

Die Bedarfsanalyse erfolgte von Dezember 2022 bis April 2023 als online Umfrage über die Plattform limesurvey. Studierende und Auszubildene wurden über den jeweiligen internen Mailverteiler durch Mitglieder des Expertengremiums über die Möglichkeit der Umfrageteilnahme informiert. Die Teilnahme an der Umfrage war freiwillig, es ergaben sich für die Teilnehmenden keinerlei Vorteile. Insgesamt nahmen 224 Personen anonym an der Umfrage teil.

Allgemeine Angaben und Vorerfahrungen

Unter den Teilnehmenden identifizierten sich 94 als weiblich, 128 als männlich und 2 als divers. Diese teilten sich auf in Studierende der Humanmedizin mit einem Anteil von 76% und Auszubildene für Gesundheits- und Krankenpflege mit einem Anteil von 24%. Beide Gruppen wurden separat in Bezug auf den jeweiligen Ausbildungsstand und Vorerfahrungen befragt. Die Studierende der Humanmedizin studierten an den Universitäten in Würzburg (54%), Köln (44%), Homburg (1%) und Frankfurt (1%). Unter ihnen befand sich mit 75% ein Großteil der Teilnehmenden bereits im klinischen Studienabschnitt, 13% im vorklinischen Studienabschnitt und 12% im Praktischen Jahr.

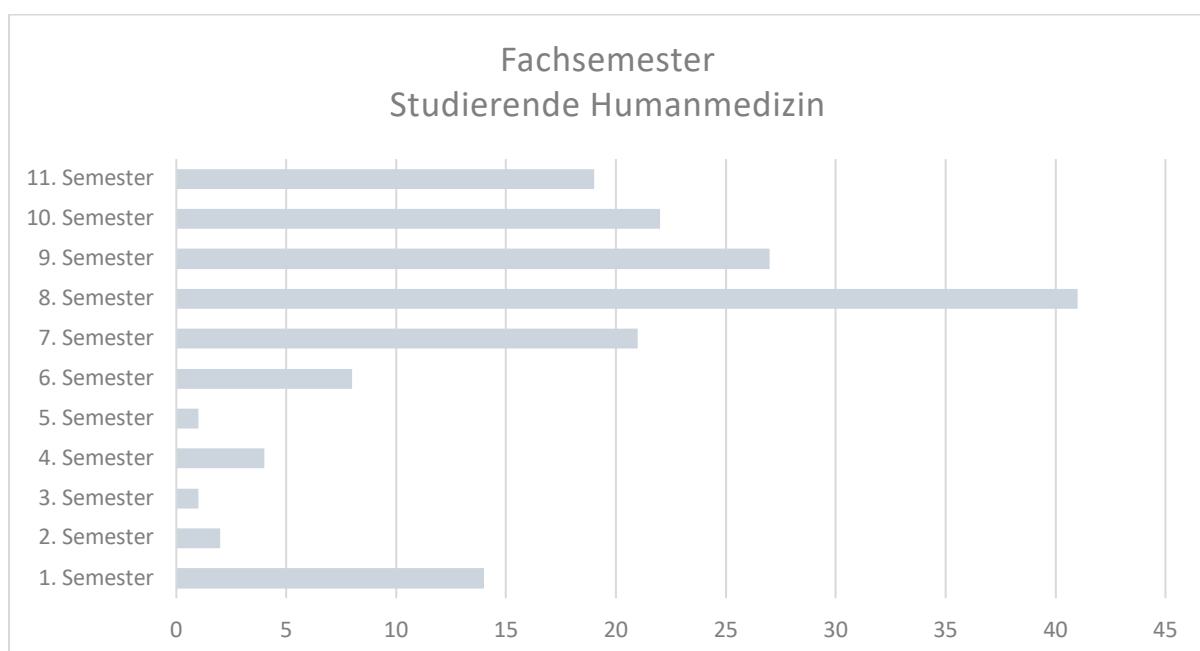


Abbildung 2: Teilnehmeranzahl nach Fachsemester bei Studierenden der Humanmedizin

Ein Großteil der Studierenden gab mit 58% an keine Vorbildung im Sinne einer medizinischen Ausbildung oder eines anderen medizinischen Studiums vor Beginn des Studiums angefangen oder abgeschlossen zu haben. Eine abgeschlossene Ausbildung gaben 35%, eine angefangene, aber nicht ausgeschlossene Ausbildung gaben 6% der Teilnehmenden an, mit 29% macht die Ausbildung zur Gesundheits- und Krankenpflege hierbei den größten Anteil aus.

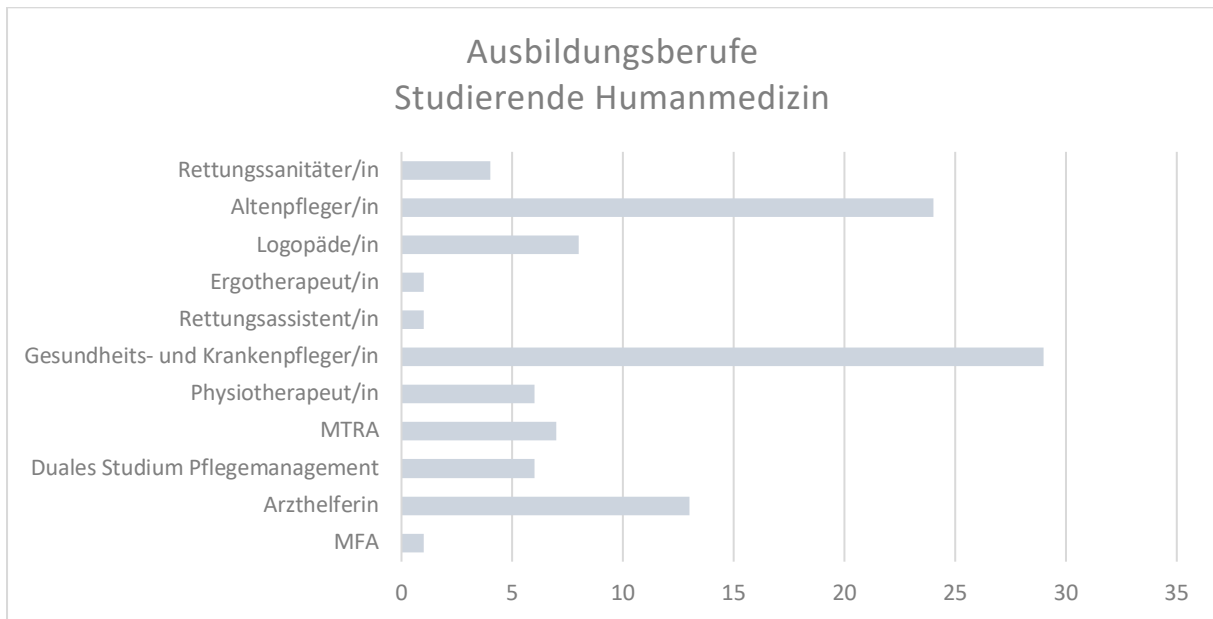


Abbildung 3: Verteilung begonnener/abgeschlossener Ausbildungsberufe bei Studierenden der Humanmedizin vor Beginn des Studiums

Die Teilnehmende in der Gruppe der Auszubildenden für Gesundheits- und Krankenpflege absolvierten die Ausbildung alle an der Schule für Pflegefachberufe der Universität zu Köln. Unter den Teilnehmenden befanden sich 29% im ersten und dritten Ausbildungsjahr, 41% im zweiten Ausbildungsjahr.

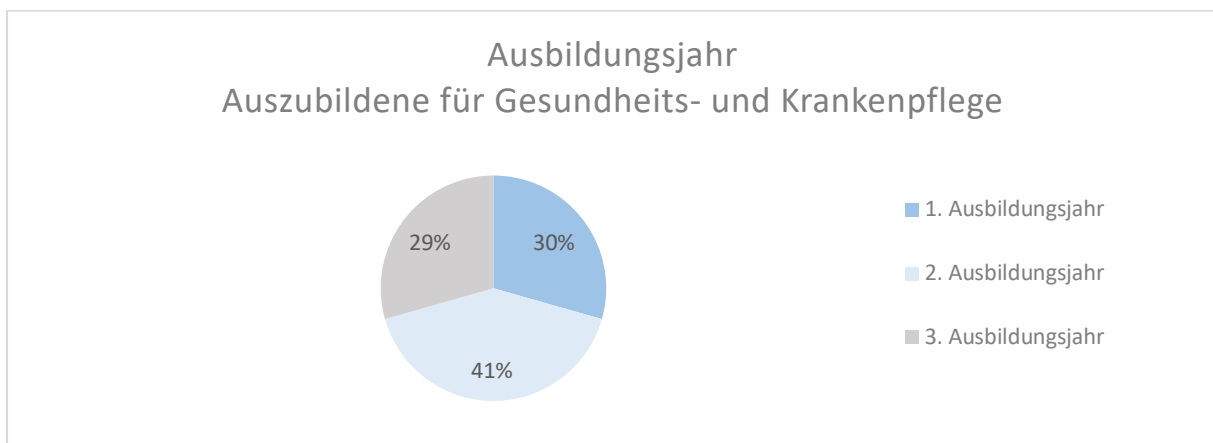


Abbildung 4: Verteilung des Ausbildungsjahres unter den Teilnehmenden der Auszubildenden für Gesundheits- und Krankenpflege

Lerngewohnheiten

Im Abschnitt der Umfrage zum Thema der Lerngewohnheiten wurden die Teilnehmenden zum eigenen Lernstil, dem Nutzungsverhalten von Medien beim Lernen und der Einbindung von Medien in der Lehre befragt.

Zur Beschreibung des eigenen Lernstils konnten die Teilnehmenden zwischen den vier Lerntypen nach Fleming wählen: visuell, auditiv, lesend-schreibend oder kinästhetisch. Die Mehrheit beschrieb sich als lesend-schreibend (46%), kinästhetisch (31%) oder visuell (20%), nur 3% der Teilnehmenden nannte den auditiven Lerntyp.

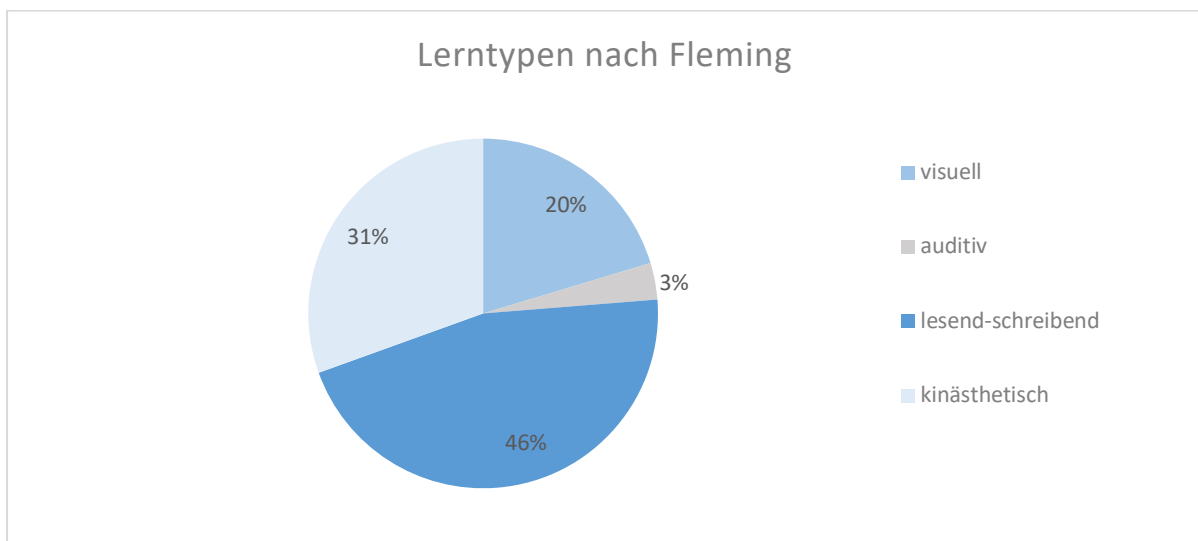


Abbildung 5: Selbsteinordnung der Teilnehmenden zu den Lerntypen nach Fleming

Mehr als dreiviertel der Teilnehmenden gab zudem an Medien als unterstützendes Angebot zum Lernen „manchmal“, „meistens“ oder „immer“ zu nutzen.

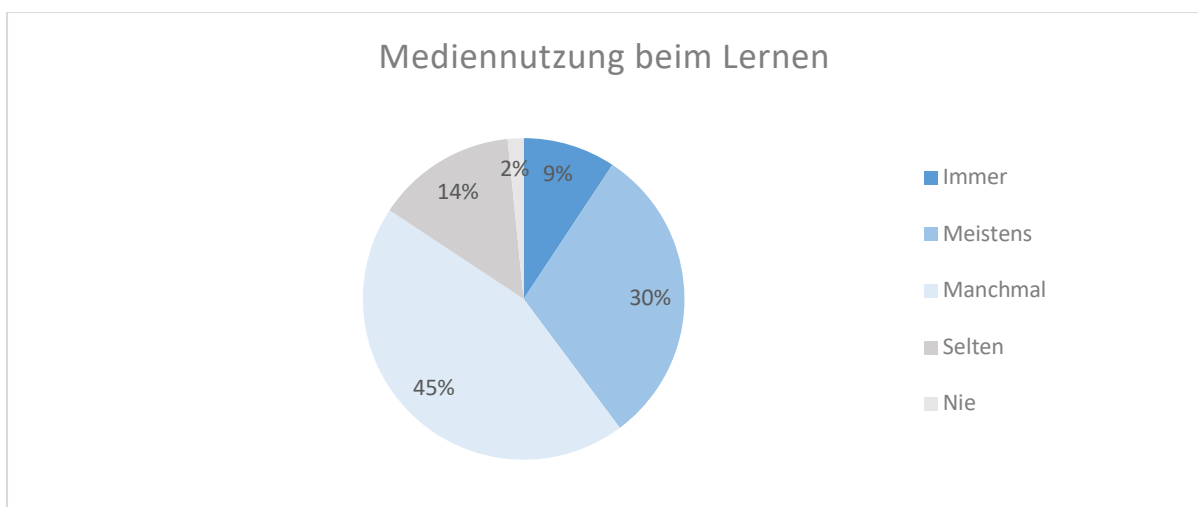


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Nutzung von Medien beim Lernen

Hierunter fielen online-Lernplattformen („Amboss“), YouTube-Videos, mobile Apps, Podcasts, digitale Lernkarten, online Fallbeispiele und aufgezeichnete Vorlesungen.

Lernplattformen wie z.B. die Lernplattform „Amboss“ bieten den Vorteil, dass diese einfach strukturiert sind. Hierdurch bewertete ein Großteil der Teilnehmenden die Lernplattform als Hauptmedium zum Lernen und Benennen explizit die Möglichkeit des schnellen Nachlesens, Überblicken und Vertiefen des Lerninhaltes und die integrierten Lernpläne als herausstechende Eigenschaften. YouTube Videos sind dem gegenüber nicht strukturiert und variieren in ihrer Qualität erheblich, da es im Gegensatz zu einer Lernplattform keine Überprüfung der dargestellten Inhalte gibt. Trotzdem sehen die Teilnehmenden der Umfrage hier die Möglichkeit komplexe Themen durch eine andere Darstellung zu wiederholen oder praktische Fähigkeiten und klinische Untersuchungstechniken zu erlernen.

Audio-Podcast sind ebenfalls ein viel genutztes Medium, häufig genutzt um eine Wiederholung des Themas in Alltagssituationen, welche sind sonst nicht zum Lernen eignen würden zu ermöglichen wie beim Sport, Putzen, Spaziergehen, im Auto oder in öffentlichen Verkehrsmitteln.

Mobile Apps nutzen Studierende und Auszubildene zum Auswendiglernen beispielsweise mittels digitalen Lernkarten oder als schnelles Nachschlagewerk für kurze Informationen oder Arzneimittel für unterwegs.

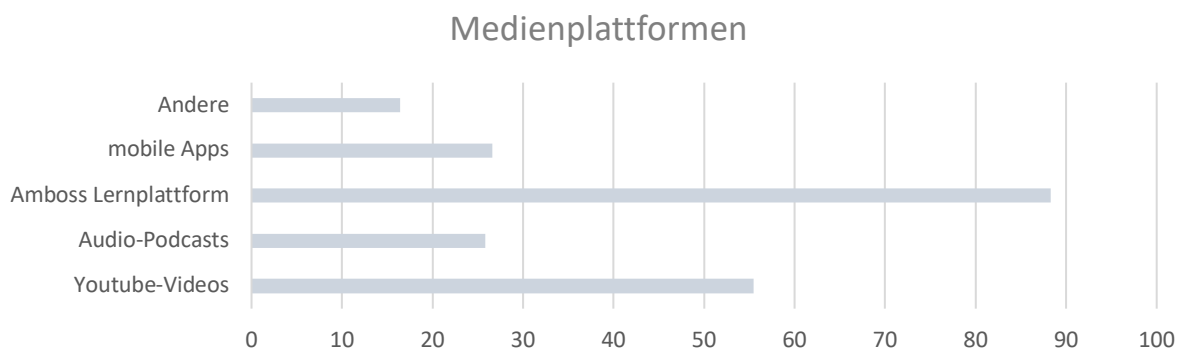


Abbildung 7: Anteil der Nutzung von unterschiedlichen Medienplattformen als unterstützendes Element beim Lernen

Im Rahmen der Universitären Lehre gab die Hälfte der Teilnehmenden an, die Nutzung von Medien im Rahmen von Vorlesungen, Praktika oder Seminaren werde „mehrfach pro Sitzung“, „einmal pro Sitzung“ oder „regelmäßig im Semester“ eingebunden.

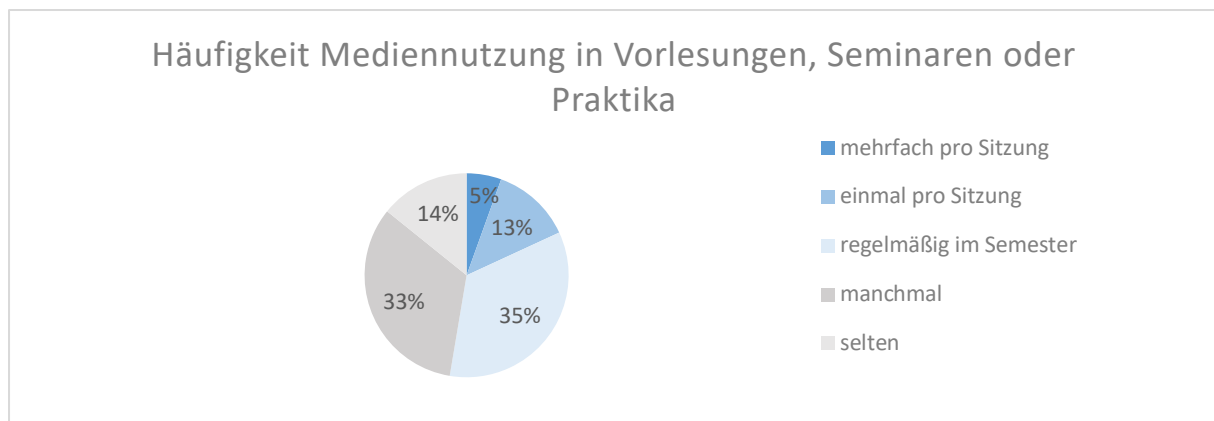


Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung der Nutzung von Medien im Rahmen der Universitären Lehre

Häufig genutzte Elemente sind hierbei klassisches Bedside-Teaching in Videoform, Lehrvideos, Simulationen an Puppen und interaktive Quizfragen. Hierbei werden im Rahmen von Vorlesungen häufig Lehrvideos und interaktive Quizfragen eingebaut. Simulationen mit Puppen und Schauspielpatient:innen sind mittlerweile ebenfalls ein etabliertes ergänzendes Lehrinstrument geworden und vor allem im Rahmen des Trainings praktischer Fähigkeiten wie CPR oder die endotracheale Intubation kaum noch wegzudenken. Deutlich weniger und sehr selektiv werden Simulationen am PC oder in der Virtual Reality eingesetzt.

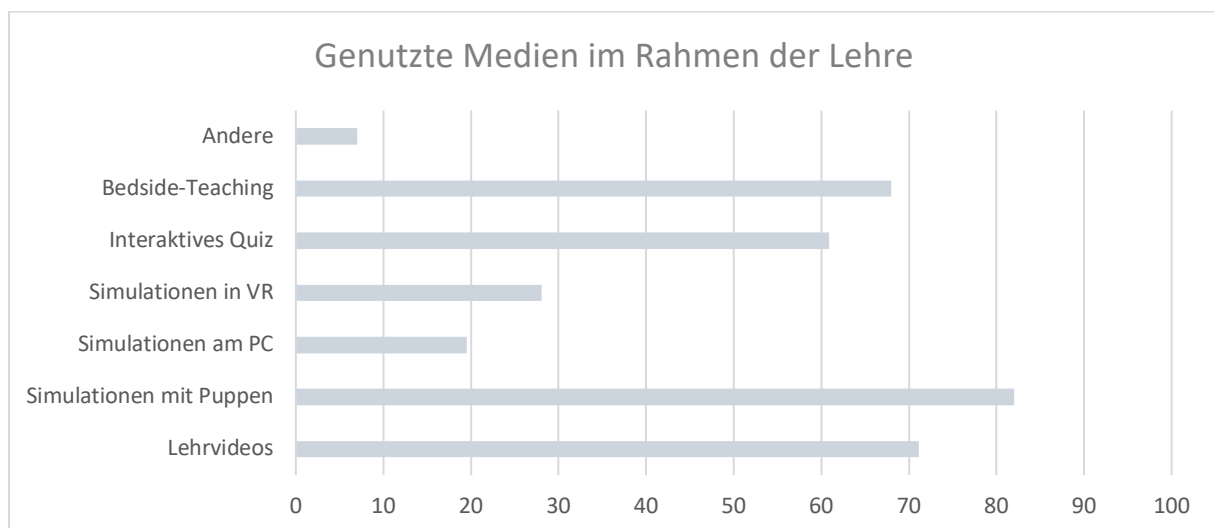


Abbildung 9: mediale Lehrinstrumente zur ergänzenden universitären Lehre in Vorlesungen, Seminaren und Praktika

Schließlich ermöglichte es die Umfrage den Teilnehmenden zu formulieren, was in ihren Augen gute Lehre ausmacht. Die hier durch die meisten Teilnehmer genannten Punkte waren zum einen den Wunsch nach möglichst viel praktischer Lehre durch Simulationen, Fallbeispiele und Patientenkontakt und interaktiver Einbindung der Studierenden. Zum anderen Dozierende, welche durch Motivation, Begeisterung für das eigene Themengebiet

und gute Vorbereitung eine für die Studierenden und Auszubildenden anregende Lehrumgebung schaffen.

Weiterhin soll Lehre zielorientiert auf den Wissensstand der Lernenden ausgerichtet werden, Wichtige von Nebensächlichen Fakten herausgestellt werden und komplizierte Sachverhalte durch die Einbindung von Medien veranschaulicht werden. Lehrmaterial sollte optimalerweise im Vorfeld online zur Verfügung gestellt werden um Lehrveranstaltungen besser vor und nach zu bereiten. Praktischer Übungen mit Supervision und Feedback sollten auch außerhalb der Lehrveranstaltungen wiederholt werden können, um praktische Fähigkeiten besser festigen zu können. Abwechslungsreiche Lehrveranstaltungen statt Frontalunterricht auch mit Einbindung Auszubildener anderer Berufsgruppen und Verknüpfung mehrerer Lehrmethoden wurden ebenfalls als wichtige Punkte für gute Lehre benannt.

Insgesamt würden es 95% der Teilnehmenden begrüßen, wenn in mehr Lehrveranstaltungen wie Vorlesungen, Seminaren oder Praktika Medien zur Unterstützung eingesetzt werden würden. Auch die Erweiterung der Einbindung von Virtual-Reality basierten Lehrformaten bewerten knapp 80% der Teilnehmenden als positiv.

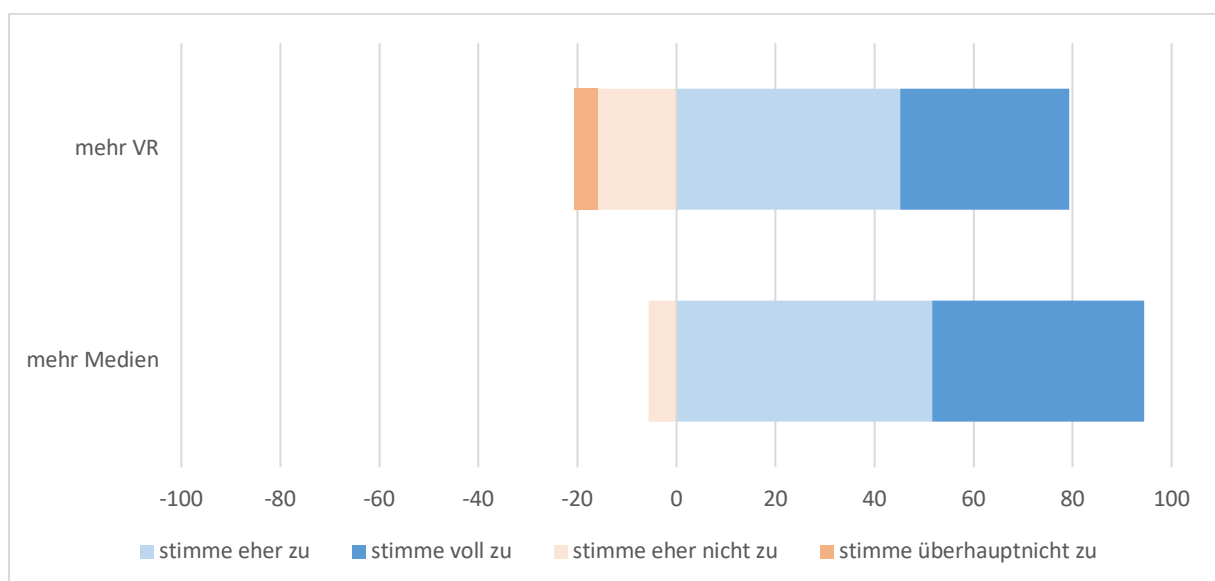


Abbildung 10: vermehrte Einbindung von Medien und Virtual Reality basierten Lehrformaten in die universitäre Lehre

"Ich würde es begrüßen, wenn in mehr Lehrveranstaltungen Medien zur Unterstützung in Praktika oder Seminaren genutzt werden würden"

"Ich fände es gut, wenn Lehrveranstaltungen mit Virtual Reality basierten Lehrformaten stattfinden würden"

Videospielerfahrung/-verhalten

Simulationen in der Virtual Reality ähneln als sogenannte Serious Games Videospielen. Einige Nutzer klagen im Rahmen von Virtual Reality Anwendungen über Motion Sickness. Daher wurden die Teilnehmenden der Umfrage zu ihren Videospielerfahrungen und -verhalten befragt.

Knapp die Hälfte der Teilnehmenden spielen „nie“ oder nur „wenige Male im Jahr“ Videospiele.

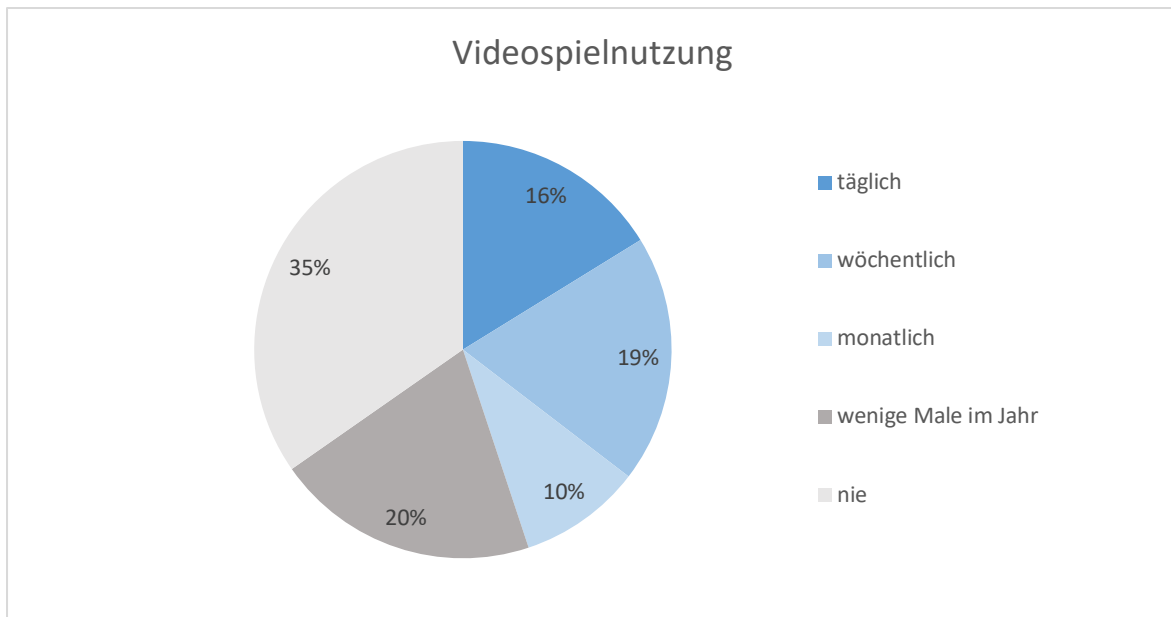


Abbildung 11: Videospielnutzung unter den Teilnehmenden
 "Wie häufig spielen Sie aktuell Videospiele (am Handy, Konsolen, PC, Handheld)?"

Erfahrungen mit Virtual Reality haben bereits 2/3 der Teilnehmenden genutzt, davon jedoch die Hälfte nur einmal. Lediglich 6% der Teilnehmenden nutzen Virtual Reality regelmäßig („wöchentlich/monatlich“).

Während der Nutzung von Virtual Reality haben rund 31%, in anderen Situationen wie z.B. beim Autofahren haben knapp die Hälfte der Teilnehmenden bereits Motion Sickness erlebt.

Interprofessionelle Lehre: Readiness for Interprofessional Learning Scale (RIPLS)

Berührungspunkte mit Interprofessioneller Lehre in Studium oder Ausbildung machten bisher nur 27% der Teilnehmenden, was wiederum bedeutet das 73% bisher keine interprofessionelle Lehre im Rahmen der medizinischen Ausbildung erfahren haben. Die Teilnehmenden, welche bereits Interprofessionelle Lehre erlebt haben, beschrieben die Erfahrungen als positiv, allerdings wurde häufig der Einsatz in anderen Fachbereichen bereits als interprofessionelle Lehre gewertet, ohne dass Lehrveranstaltungen gemeinsam mit Auszubildenden oder Studierenden anderer Fachbereiche besucht werden konnten.

Von den 224 an der Umfrage teilnehmenden Studierenden der Humanmedizin und Auszubildenden für Gesundheits- und Krankenpflege nahmen 156 vollständig am RIPLS teil. Durchschnittlich wurde ein RIPLS Score von 78,88 (SD 1,08) erreicht.

In der Unterkategorie "Team- und Zusammenarbeit" (Items 1 bis 9) wurde ein Wert von 39,53 im Durchschnitt erreicht. „Negative Professionelle Identität“ (Items 10 bis 12) erreichten im Durchschnitt 12,17, „Positive Professionelle Identität“ (Items 13 bis 16) 16,84. In der Unterkategorie "Rolle und Verantwortungsbereich" (Items 17 bis 19) wurde im Schnitt ein Wert von 10,34 erreicht.

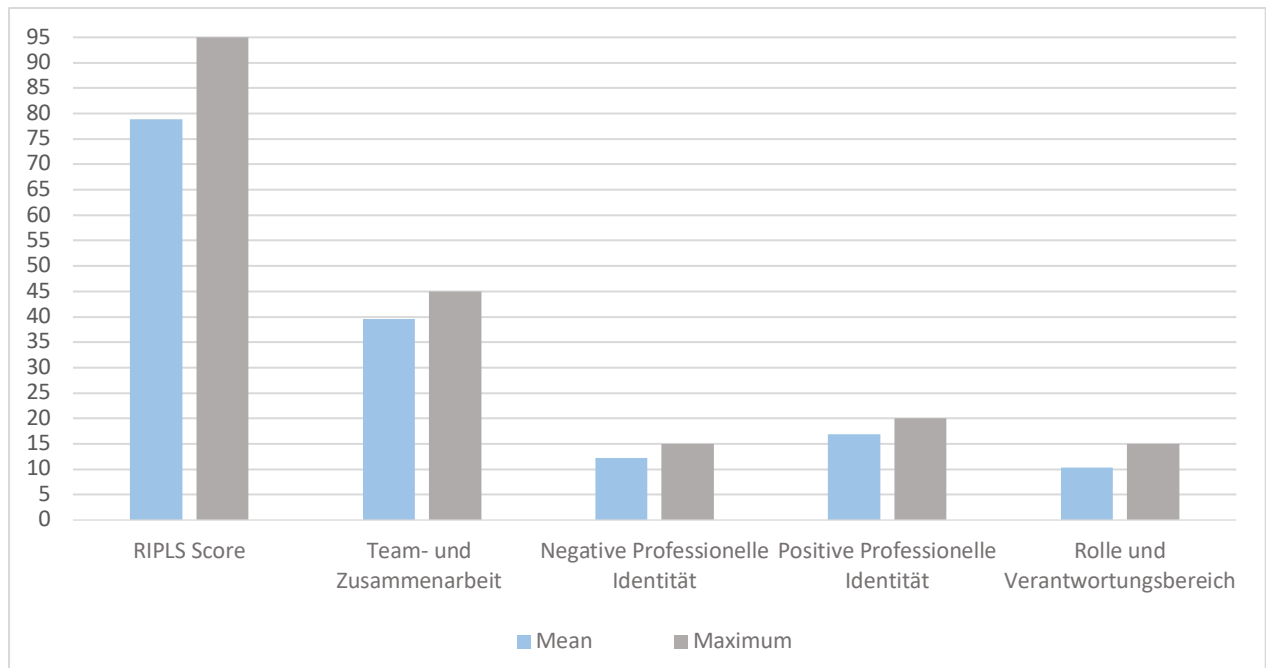


Abbildung 12: Readiness for Interprofessional Learning Scale (RIPLS) Ergebnis der Umfrage unter Studierenden der Humanmedizin und Auszubildenden für Gesundheits- und Krankenpflege im Vergleich zum maximal erreichbaren Score

Die Anmerkungen zum Themengebiet der Interprofessionellen Lehre durch die Studierenden und Auszubildenden waren überwiegend positiv gestimmt. Die Teilnehmenden fordern den Ausbau interprofessioneller Lehre, um den Austausch untereinander zu fördern und die positiven Aspekte von Interprofessioneller Lehre zu entfalten, sehen allerdings auch die organisatorischen Hürden, die es zu überwinden gilt. Durch den Ausbau interprofessioneller Lehre erhoffen sich die Befragten früh beginnend und nachhaltig Gegenseitige Wertschätzung, Respekt vor anderen Mitgliedern des Gesundheitssystems und vor allem die Bildung eines Teams und die bessere Zusammenarbeit im späteren Berufsleben. Für die Integration in das Curriculum wünschen sich die Befragten interprofessionelle Lehrveranstaltungen an sinnvollen Schnittstellen, um das gemeinsame Arbeiten zu trainieren und die eigene Rolle im Team zu festigen.

Item	Mean (SD)
Team- und Zusammenarbeit	39,53 (0,87)
1. Das Lernen mit anderen Studierenden/Auszubildenen macht mich zu einem effektiveren Mitglied eines Gesundheitsmedizinischen Teams	4,27 (0,98)
2. Die Patient*innen würden davon profitieren, wenn Studierende/Auszubildene im Gesundheits- und Sozialwesen zusammenarbeiten würden	4,47 (0,82)
3. Gemeinsames Lernen mit anderen Studierenden/Auszubildenen im Gesundheits- und Sozialwesen wird meine Fähigkeit verbessern, klinische Probleme zu verstehen	4,24 (0,94)
4. Kommunikationsfähigkeiten sollten mit anderen Studierenden/Auszubildenen im Gesundheits- und Sozialwesen erlernt werden	4,46 (0,77)
5. Teamfähigkeit ist für alle Studierenden/Auszubildenen im Gesundheitsbereich von entscheidender Bedeutung	4,87 (0,46)
6. Gemeinsames Lernen wird mir helfen, meine eigenen beruflichen Grenzen zu verstehen	4,10 (1,02)
7. Das Lernen zwischen Studierenden/Auszubildenen des Gesundheits- und Sozialwesens vor dem Abschluss und für Fachkräfte nach dem Abschluss würde die Arbeitsbeziehungen nach dem Abschluss und in der gemeinsamen Praxis verbessern	4,33 (0,77)
8. Gemeinsames Lernen wird mir helfen, positiv über andere Gesundheits- und Sozialberufe zu denken	4,07 (0,96)
9. Damit das Lernen in kleinen Gruppen funktioniert, müssen sich die Studierenden/Auszubildenen gegenseitig respektieren und vertrauen	4,72 (0,59)
Negative Professionelle Identität	12,17 (1,08)
10. Ich möchte keine Zeit damit verbringen, mit anderen Studierenden/Auszubildenen des Gesundheits- und Sozialwesens zu lernen	4,17 (1,06)
11. Es ist nicht notwendig, dass Studierende/Auszubildene im Bereich Gesundheit und Soziales vor oder nach dem Abschluss gemeinsam lernen	3,88 (1,14)
12. Klinisches Problemlösen kann nur mit Studierenden/Auszubildenen meiner eigenen Universität/Schule/Ausbildungsstelle effektiv gelernt werden	4,12 (1,02)
Positive Professionelle Identität	16,84 (0,87)
13. Gemeinsames Lernen mit anderen Mitgliedern des Gesundheitssystems wird mir helfen meine Kommunikation mit Patienten und anderen Fachabteilungen zu verbessern.	4,25 (0,85)
14. Ich würde mich über die Möglichkeit freuen, mit anderen Studierenden/Auszubildenen des Gesundheits- und Sozialwesens an Kleingruppenprojekten zu arbeiten	4,07 (0,96)
15. Ich würde mich über die Gelegenheit freuen, einige allgemeine Vorlesungen, Tutorien oder Workshops mit anderen Studierenden/Auszubildenen im Gesundheits- und Sozialwesen gemeinsam zu besuchen	4,28 (0,78)
16. Gemeinsames Lernen und Üben wird mir helfen, die Probleme von Patient*innen oder Klient*innen besser lösen zu können	4,24 (0,88)
Rolle und Verantwortungsbereich	10,34 (1,33)
17. Gemeinsames Lernen vor und nach dem Abschluss wird mir helfen, ein besseres Teammitglied zu werden	4,32 (0,84)
18. Ich bin mir nicht sicher, was meine berufliche Rolle sein wird/ist	3,46 (1,16)
19. Ich muss mir in meiner Ausbildung/meinem Studium viel mehr Wissen und Fähigkeiten aneignen als andere Studierende/Auszubildene	2,56 (1,09)

Tabelle 1: Readiness for Interprofessional Learning Scale (RIPLS) unter Studierenden der Humanmedizin und Auszubildenen für Gesundheits- und Krankenpflege

Aktueller Stand der notfallmedizinischen Lehre

Vorlesungen im Bereich der Notfallmedizinischen Lehre finden laut 90% der Befragten an ihrer Ausbildungsstätte statt, 8,5% können keine Angabe machen, ob Notfallmedizinische Lehrveranstaltungen angeboten werden. Verpflichtend sind notfallmedizinische Lehrveranstaltungen laut 80% der Befragten.

Grundlagen der Notfallmedizinischen Basisausbildung werden zu großen Teilen sowohl mit einem Theorie- als auch einem Praxisteil unterrichtet.

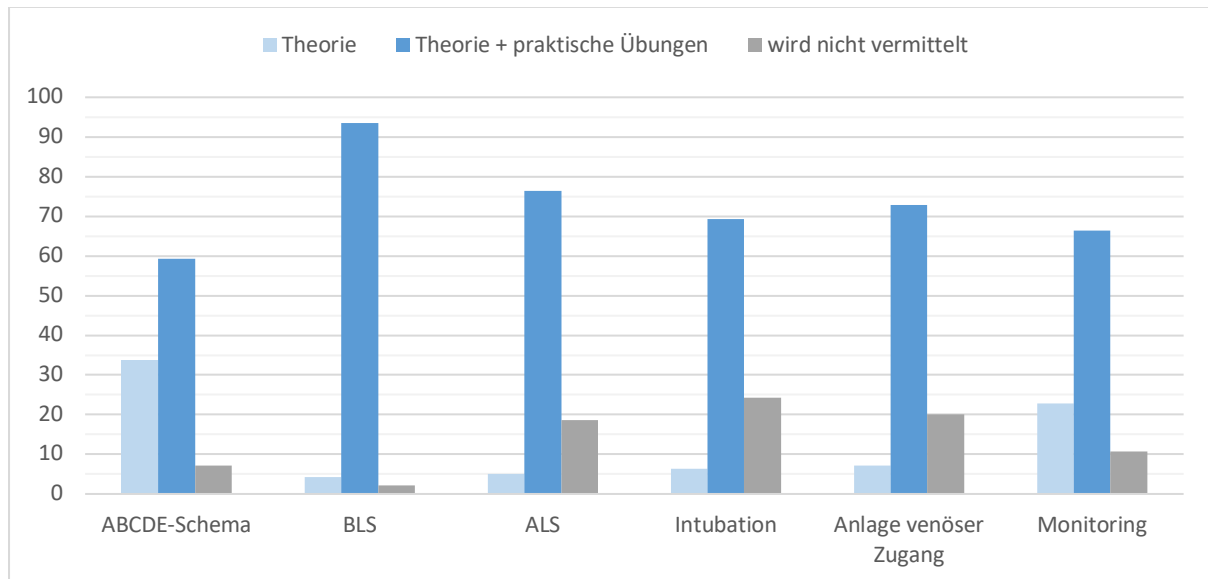


Abbildung 13: Lehre notfallmedizinischer Grundlagen in "Theorie", "Theorie und Praxis" oder "wird nicht vermittelt" ABCDE-Schema, Basic Life Support (BLS), Advanced Life Support (ALS), Intubation, Anlage eines venösen Zugangs, nicht invasives Monitoring

Beim Basic Life Support gaben knapp 94% der Teilnehmenden neben der Vermittlung theoretischer Grundlagen auch praktische Übungen im Lehrplan an. Bei dieser Maßnahme fühlen sich fast 90% der Befragten „sehr sicher“ oder „eher sicher“ in der praktischen Anwendung. Anders hingegen beim Advanced Life Support bei welchem nur 76% der Befragten neben Theorie auch praktische Übungen im Rahmen der medizinischen Ausbildung angeben. Bei der Durchführung fühlen sich mit 45% der Teilnehmenden fast die Hälfte der Befragten „eher nicht sicher“ oder „überhaupt nicht sicher“. In der Etablierung eines sicheren venösen Zugangs, sowie der Durchführung des ABCDE-Schemas fühlen sich rund 35% der Befragten nicht sicher in der Lage zu und eine endotracheale Atemwegssicherung trauen sich nur knapp 34% der Teilnehmenden sicher zu. Die Etablierung eines nicht invasiven Monitorings beherrschen 80% sicher.

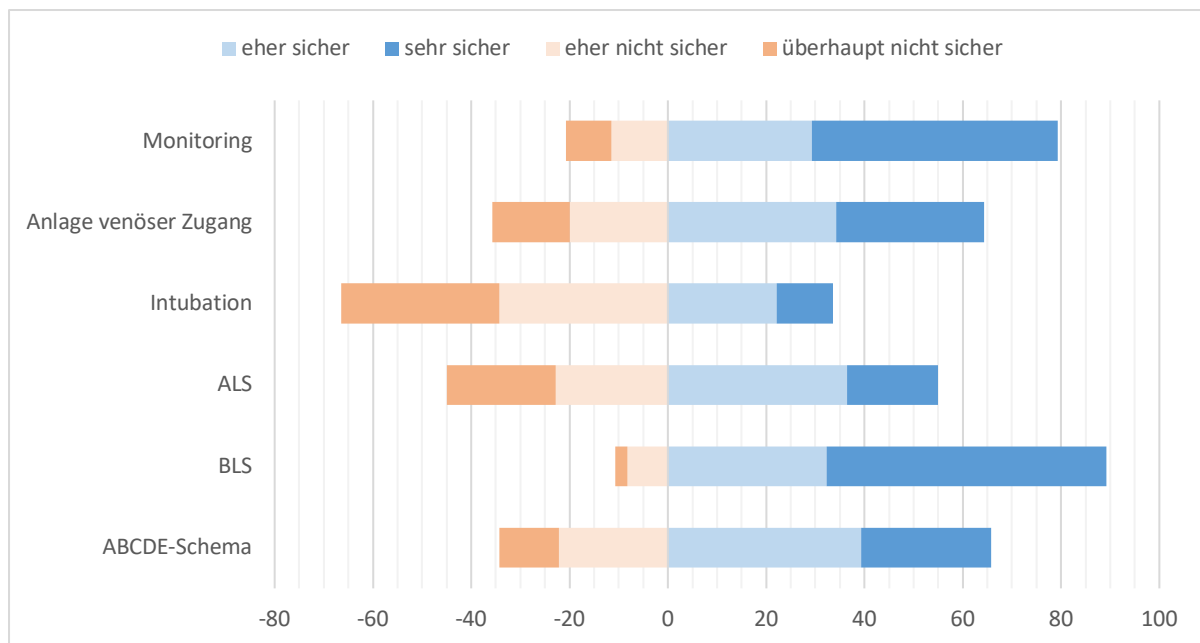


Abbildung 14: Selbsteinschätzung der Studierenden der Humanmedizin und Auszubildenden der Gesundheits- und Krankenpflege bezüglich Grundlagen der notfallmedizinischen Basisausbildung (Basic Life Support (BLS), Advanced Life Support (ALS), Intubation, Anlage eines venösen Zugangs, Etablierung eines nicht invasiven Monitorings, ABCDE-Schema)

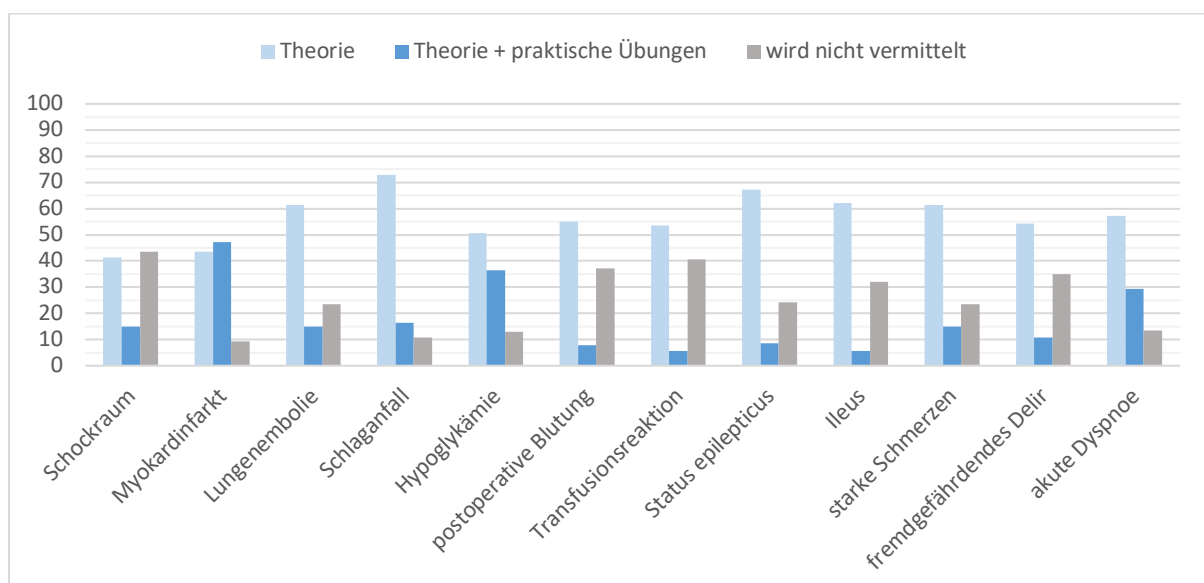


Abbildung 15: Lehre der häufigsten medizinischen Notfälle in "Theorie", "Theorie und Praxis" oder "wird nicht vermittelt"

Im Gegensatz zu einem hohen Anteil von sowohl praktischer als auch theoretischer Lehre im Rahmen von Grundlagen der Notfallmedizin, kommt es in der medizinischen Ausbildung der häufigsten Notfälle in großen Teilen entweder nur zu einer theoretischen Wissensvermittlung oder zu gar keiner. Bei der Behandlung von Patient:innen mit einer akuten Lungenembolie, einem Schlaganfall und akuten starken Schmerzen (NSR 8-10) geben rund 15% der Teilnehmenden jeweils an auch mittels praktischer Übungen das Management des jeweiligen

Erkrankungsbildes vermittelt zu bekommen. Bei der postoperativen gastrointestinalen Blutung, einer akuten Transfusionsreaktion, einem Status epilepticus, einem Ileus und einem fremdgefährdenden Delir geben sogar weniger als 10% der Befragten auch Praktische Übungen an.

Der geringe Anteil praktischer Übungen spiegelt sich auch in der Selbsteinschätzung der Studierenden und Auszubildenden wider. Bei der Stabilisierung einer Hypoglykämie schätzen sich immerhin noch 60% „sehr sicher“ oder „eher sicher“ ein, bei einem Myokardinfarkt waren sich noch 50% und bei starken Schmerzen und der akuten Dyspnoe noch knapp 45% der Befragten sicher im Umgang mit dem jeweiligen Notfall. Erleiden Patient:innen auf der Normalstation einen Schlaganfall, trauten sich nur noch 40%, bei einer Lungenembolie und dem Status epilepticus nur noch 30%, bei einem Ileus und einer postoperativen Blutung 25% und bei einer Transfusionsreaktion oder einem fremdgefährdendem Delir unter 15% die sichere Stabilisierung („sehr sicher“ oder „eher sicher“) zu. Oder vereinfacht ausgedrückt: Abhängig vom Krankheitsbild fühlen sich 40 bis 89 % der Befragten nicht sicher im Umgang mit der jeweiligen Notfallsituation.

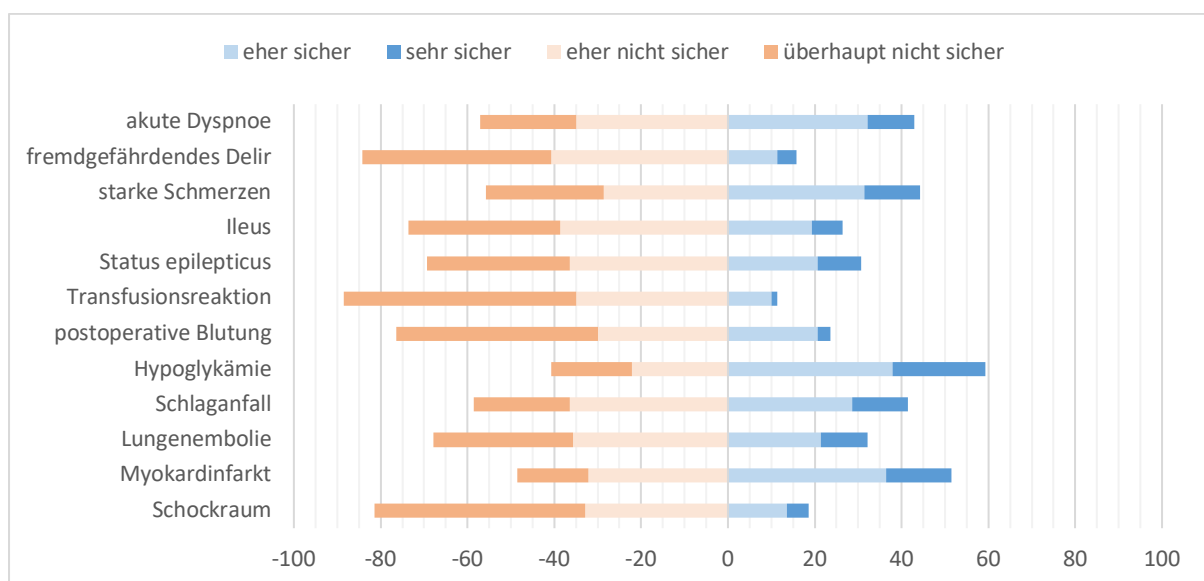


Abbildung 16: Selbsteinschätzung der Studierenden der Humanmedizin und Auszubildenden der Gesundheits- und Krankenpflege bezüglich der häufigsten medizinischen Notfälle

Bei der Lehre von kritisch verletzten Patient:innen im Schockraum gaben nur knapp 15% der Befragten auch einen praktischen Lehranteil an. „Sehr sicher“ im Umgang mit diesen Patient:innen fühlen sich lediglich 5% der Studierenden und Auszubildenden, 81% fühlen sich „eher nicht sicher“ oder „überhaupt nicht sicher“.

Insgesamt wünschen sich die Befragten Studierenden der Humanmedizin und Auszubildenden für Gesundheits- und Krankenpflege mehr theoretische, vor allem aber durch über 95% der

Teilnehmenden mehr praktische Ausbildungsangebote zum Umgang mit akuten Notfällen und im speziellen auch der Behandlung von kritisch kranken Patient:innen im Schockraum.

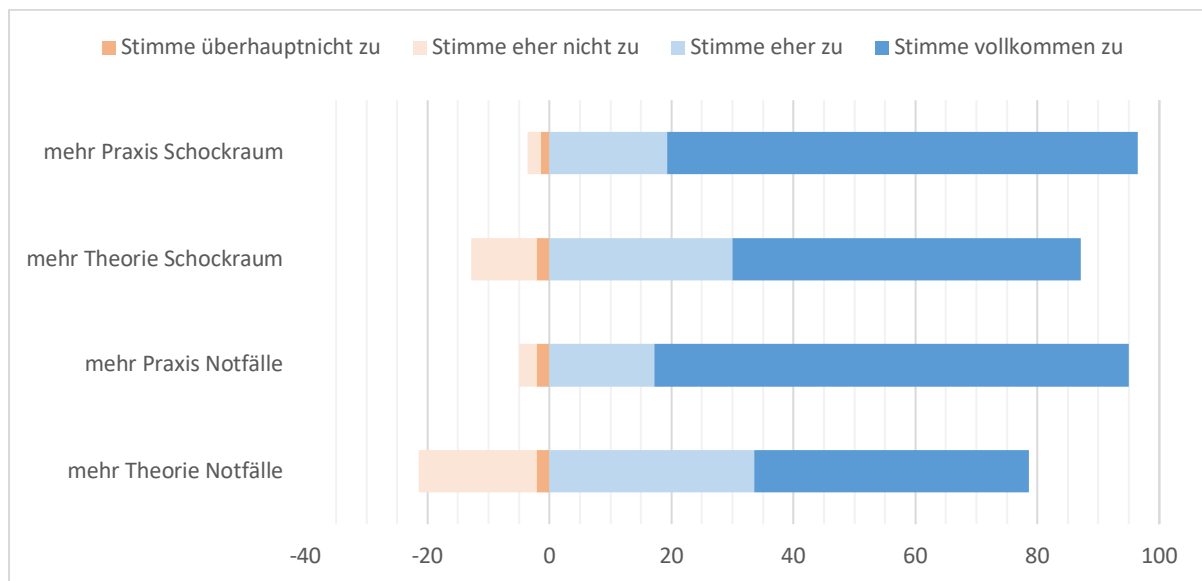


Abbildung 17: Befragung zur Ausweitung notfallmedizinischer Lehrangebote

"Ich würde es begrüßen, wenn mehr theoretische/praktische Lehrveranstaltungen zum Umgang mit speziellen Notfallsituationen/kritisch kranker Patient:innen im Schockraum eingeführt werden würden"

4.1.3 Übergeordnete und spezifische Lernziele

Durch die Analyse der nach Literaturrecherche erfolgter Problemidentifikation, der Auswertung der Umfrageergebnisse und dem Ziel ein umfassendes themenübergreifendes chirurgisches Curriculum zu entwickeln, kristallisierten sich drei Lernziele heraus:

Das Erlernen und Festigen nachhaltiger

1. Anatomischer Grundlagen
2. Notfallmedizinischer Grundfertigkeiten
3. Interprofessionalität

Hieraus leiteten sich die spezifischen Lernziele ab, welche durch eine ausgiebige Literaturrecherche gestützt wurden. Hierbei wurden zunächst die offiziellen Vorgaben beachtet.

Für die Lehre im Fach Humanmedizin in Deutschland stellt der „Masterplan Medizin 2020“ die politische Grundlage für die Neustrukturierung des Medizinstudiums dar.¹ Die inhaltlichen Schwerpunkte werden durch den „Nationalen Kompetenzbasierte Lernzielkatalog Medizin“ kurz NKLM aufgezeigt.⁴²

Weiterführend wurde im Rahmen der Literaturrecherche sowohl nach deutschlandweiten prüfungsrelevanten Grundlagen gesucht als auch die lokalen Anforderungen beachtet.

Für die Lernziele der anatomischen Virtual Reality Seminare wurde zusätzlich als Grundlage der „Gegenstandskatalog“ des „Instituts für medizinische und pharmazeutische Prüfungsfragen“ (IMPP), welcher eine systematische Auflistung prüfungsrelevanter Lerninhalte darstellt, sowie die Lernziele des Faches Anatomie der Universität zu Köln genutzt.⁵⁷

Hieraus wurden inhaltliche Schwerpunkte definiert, welche durch die entwickelten VR-Anwendungen als Grundlage des Curriculums dargestellt werden.

Die Lehre anatomischer Grundlagen sollte zunächst den Fokus auf hochkomplexe topografische Strukturen legen mit einem relevanten chirurgischen Praxisbezug. Daher erfolgte die Festlegung auf die Themengebiete der Bursa omentalis und des Leistenkanals. Weiterhin sollte durch die Erstellung von viszeralchirurgischen Operationssimulationen in VR ein nachhaltiger klinischer Bezug hergestellt und chirurgisch relevante Anatomie wiederholt werden.

Lernziele „Anatomie“

Die Studierenden sollten...

die Topografie der Organe, Leitstrukturen und Leitungsbahnen im Körper erklären können.
die Peritoneal Verhältnisse sowie die daraus resultierenden Räume und Recessus erklären können.
die Verbindungswege zwischen den unterschiedlichen Körperanteilen, Räumen und -regionen erklären können.
die Blutversorgung, Innervation und den Lymphabfluss der Organe innerhalb der Bursa omentalis erklären können.
den Aufbau und die Besonderheiten der Bauchwand, des Leistenkanals und seiner Faszienverhältnisse und die Hernienbildung erklären können.
die Einbindung der erlernten anatomischen Grundlage für chirurgische Fertigkeiten nutzen können.

Tabelle 2: Lernziele VR Module Anatomie⁵⁷

Im Rahmen der Notfallmedizinischen Lehre zeigt die Umfrage einen massiven Mangel unter den Studierenden an. Besonders das Thema „Schockraummanagement“ findet im Rahmen der medizinischen Ausbildung kaum Bedeutung. Dementsprechend fühlen sich viele Studierende sehr unsicher bei der Vorstellung im späteren Berufsleben mit einem kritisch kranken Patienten im Schockraum konfrontiert zu werden.

Für die Erstellung der spezifischen Lernziele des Schockraum Virtual Reality Seminars wurde zusätzlich der Lernzielkatalog des „Advanced Trauma Life Support“ (ATLS) zur Erstversorgung von Traumapatient:innen in der Klinik herangezogen.⁴⁵

Lernziele „Schockraum“

Die Studierenden sollten...

den Ablauf (ATLS: Primary Survey, Secondary Survey, ABCDE Schema) im Schockraum kennen, erklären und ausführen können.
die Möglichkeiten der Diagnostik indikationsgerecht einsetzen können: - Körperliche Untersuchung - Labordiagnostik - Bildgebung - Apparative Diagnostik
die diagnostischen Ergebnisse für weitere diagnostische und therapeutische Entscheidungen nutzen können: - Das Basismonitoring erläutern und interpretieren - Das erweiterte Monitoring erläutern und interpretieren - FAST-Sonographie korrekt durchführen und interpretieren - Relevante pathologische Veränderungen in CT-Schnittbildern erkennen und interpretieren - Relevante pathologische Veränderungen in der Labordiagnostik erkennen und interpretieren - Pathologische Vitalparameter erkennen und indikationsgerecht handeln
die Anwendung von Notfallmedikamenten erläutern können: - Indikation, Wirkweise und Kontraindikation von kreislaufstabilisierenden Medikamenten kennen - Eine Notfallnarkose inklusive geeigneter apparativer Maßnahmen durchführen können
Maßnahmen zur Stabilisierung des Patienten kennen und anwenden können: - Gabe von Notfallmedizinisch relevanten Medikamenten - Trauma Management - Atemwegsmanagement
Relevante Leitsymptome erkennen, wichtige Differentialdiagnosen und Therapieindikationen stellen können.
Sich aktiv und konstruktiv an der Teamarbeit zur gemeinsamen Aufgabenbewältigung beteiligen: - Bei Entscheidungsfindungen alle relevanten Personen mit einbeziehen - Kommunizieren in adäquater Art und Weise

Tabelle 3: Lernziele VR Modul Schockraum^{57,45}

Nicht nur in Bezug auf das Management eines kritisch kranken Patienten im Schockraum zeigt die Umfrage im Rahmen der Bedarfsanalyse unter den Studierenden und Auszubildenden einen Mangel an praxisnaher Ausbildung auf. Auch im Management klassischer Notfallsituationen, wie sie auf der Normalstation im klinischen Alltag vorkommen, bestehen starke Unsicherheiten.

In Bezug auf interprofessionelle Lehre zeigte die Umfrage zwar eine positive Einstellung der Studierenden und Auszubildenden gegenüber dem Thema, allerdings findet Interprofessionalität im Rahmend er medizinischen Ausbildung kaum statt.

Daher erfolgte als interprofessioneller Schwerpunkt die Entwicklung eines VR-Moduls zur gemeinsamen Bewältigung kritischer Notfallsituationen auf einer chirurgischen Normalstation. Die Formulierung der Lernziele des interprofessionellen Seminars des instabilen Patienten umfassen neben dem Ziel des Erlernens interdisziplinärer Kompetenzen daher auch das Erlernen notfallmedizinischer Kompetenzen und deren Verzweigung miteinander.

Lernziele „Der instabile Patient“

Die Studierenden sollten...

wichtige Leitsymptome erkennen.
Risikofaktoren für die Entstehung des jeweiligen Krankheitsbildes kennen.
die Möglichkeiten der Diagnostik indikationsgerecht einsetzen und die Ergebnisse Einordnen.
die diagnostischen Ergebnisse für das weitere therapeutische Prozedere nutzen.
den Patienten in der Akutphase stabilisieren.
die notfallmedizinische Behandlung des jeweiligen Krankheitsbildes kennen und Einleiten.
adäquate Kommunikation im interdisziplinären Team beherrschen: - Patient:innen vorstellen und ihre Probleme priorisieren - In geeigneter Fachsprache kommunizieren - die eigenen Aufgaben und Verantwortlichkeiten, sowie die der Anderen kennen und erläutern - Alle relevanten Personen in die diagnostischen Prozesse, Überlegungen und Entscheidungsfindung miteinbeziehen - Die Kommunikations-Feedback-Schleife nutzen
Eigenes Verhalten in Hinblick auf einen respektvollen und wertschätzenden Umgang mit den anderen Teammitgliedern reflektieren
Eigenes und fremdes Verhalten reflektieren, Fehler erkennen und in angemessener Weise ansprechen
Sich mit den Rollen und Verantwortungsbereichen der anderen Berufsgruppen aktiv auseinandersetzen und deren Beitrag für die Patient:innenversorgung würdigen.

Tabelle: Lernziele VR Modul der instabile Patient⁵⁷

4.1.4 Lehrmethoden

Das geplante Curriculum hat zum Ziel durch den Einsatz von Virtual Reality Anwendungen anatomische und chirurgische Inhalte über das gesamte Studium hinweg miteinander zu verknüpfen. Durch die vertikale Integration von Grundlagen und spezifischen Handlungskompetenzen in Form realitätsnaher Virtual Reality Simulationen und mehrfachen Wiederholungen soll ein langfristiger Wissenszuwachs entstehen. Zusammen mit den jeweiligen Expertengruppen und den Lehrverantwortlichen wurden unterschiedliche Lehrformate diskutiert und ihre Eignung in Kombination mit der Virtual Reality überprüft. Hierbei stellten sich folgende Punkte als essenziell heraus:

- Virtual Reality Seminare sollen als eigenständige Lehreinheit dienen
- Selbstständige Durchführung und Wiederholung durch die Studierenden
- Anschließendes Abschlussgespräch im Rahmen eines Debriefings mit Feedback

Fall-basiertes und Simulations-basiertes Lernen

Unter Fall basiertem Lernen versteht man interaktive Lehrformate, welche durch einen Anwendungsbezug ein Themengebiet praxisnah und Lösungsorientiert vermitteln.⁵⁸ Hierdurch haben Studierende die Möglichkeit sich Wissen selbstständig zu erarbeiten und dieses zu festigen.⁵⁸ Zusätzlich schult Fall-basiertes Lernen das Interdisziplinäre Arbeiten und die

Zusammenarbeit als Team.⁵⁸ Simulations-basiertes Lernen als Weiterentwicklung nutzt zusätzlich den Lernerfolg durch die Immersion einer Simulation.³⁴

Feedback

Das Nutzen von Feedback ist beim Erwerben von Handlungskompetenzen und Interprofessionalität ein essenzieller Bestandteil des Lernens.⁵⁹

Die Einbindung von Feedbackeinheiten erfolgte in den Virtual Reality Seminaren auf unterschiedliche Arten: die anatomischen Lehreinheiten boten den Studierenden ein Feedback in Form einer nominellen Auswertung, d.h. wie gut haben die Studierenden nach Punktwerten die anatomisch-chirurgischen Fragestellungen, welche in das Seminar eingebunden waren, bewältigt. Anders hingegen die Einbindung von Feedback als virtuelles Debriefing im Rahmen der Schockraum-Simulation und der Simulation des instabilen Patienten auf der Normalstation. Hier kann der Lehrende als zuvor stiller Beobachter gemeinsam mit den Teilnehmenden sowohl fachliches Feedback geben als auch die interdisziplinäre und -professionelle Kommunikation und Zusammenarbeit reflektieren und Verbesserungen erarbeiten.

Der Lehrende sollte stets auf konstruktives Feedback und eine positive und wertschätzende Lehrumgebung Rücksicht nehmen.⁵⁹

4.1.5 Implementierung

Die Entwicklungsprozesse von Serious Games in der Virtual Reality sind zeitaufwendig, im Falle des *surgical tracks* begann die Planung mit der Gründung der *Community for medical Education* kurz *Co.m.ed* im Sommer 2020. Durch die Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachabteilungen (Viszeralchirurgie, Unfallchirurgie, Innere Medizin, Notfallmedizin, Pflege, Lehrpersonal, Studierende und Auszubildene) und Länder bestand sowohl ein breiter fachlicher Hintergrund als auch eine Betrachtung aus unterschiedlichen Perspektiven. Im Gegenzug werden die fertiggestellten Module allen Teilnehmenden zur Anwendung zur Verfügung zu gestellt, um so den Zugang zu VR-basierter Lehre zu erleichtern und international zu festigen.

Der Entwicklungsprozess begann nach erfolgter Problemidentifikation, Bedarfsanalyse und Lernzielerstellung mit der Aufstellung organisatorischer Rahmenbedingungen. Anschließend erfolgte parallel die Prüfung finanzieller, räumlicher und zeitlicher Ressourcen, sowie die detaillierte Analyse zur inhaltlichen und konzeptuellen Darstellung der Virtual Reality Module in Zusammenarbeit mit den Expert:innengremien. Anschließend erfolgte in Zusammenarbeit mit verschiedenen Softwareentwicklern die Erstellung der Virtual Reality Module und Simulationen.

Die Fertigstellung der Virtual Reality Module erfolgte schließlich im Winter 2024/25.

Organisatorische Rahmenbedingungen

Mit Hilfe einer SWOT-Analyse erfolgte zunächst die Identifikation interner Stärken und Schwächen, sowie externer Chancen und Risiken, sowie die Entwicklung von Möglichkeiten zum Abbau der Hürden und Widerständen.²⁹

SWOT	Positiv	Negativ
Interne Faktoren	Stärken • Unterstützung der AG Lehre, der Ausbildungsverantwortlichen der viszeralchirurgischen und anatomischen Lehre und der Pflegeschule • Einmaliges Lehrangebot in Deutschland • Beratung und Expertise verschiedener Fachbereiche • Nutzbare zeitliche Kapazitäten im Rahmen des Blockpraktikums • Dreidimensionale Darstellung • Eigenständige Handlungen • Begleitend über das gesamte Studium hinweg • Vertikale Integration vorklinischer und klinischer Inhalte	Schwächen • Infrastruktur neu schaffen: Räumlichkeiten, Technische Umgebung (teuer und aufwendig) • Veraltete Technik • Unterschiedliche Wissensstände • Sprachbarriere • Kleine Seminargruppen • Dauerhafte Finanzierung für regelmäßige Aktualisierung der VR-Anwendungen • Tiefere Integration in bestehendes Curriculum
Externe Faktoren	Chancen • Sichere Lehre notfallmedizinischer Extremsituationen ohne Risiken für Patient:innen und medizinisches Personal • Nachhaltigere Wissensanordnung durch Immersive und praktische Lehre • Standardisierte Simulationen • Internationale Partneruniversitäten • Finanziell Mittel zur Entwicklung der VR-Anwendungen gesichert	Risiken • Vereinbarkeit interprofessioneller Lehre der verschiedenen Curricula • Langwierige Entwicklungsdauer • Geringe Anzahl an Lehrenden • Technischer Umgang muss erlernt werden • Veraltete Technik im Laufe der Zeit • Aufwendige Evaluationen

Abbildung 18: SWOT-Analyse des Surgical Tracks

Als internationale Arbeitsgruppe mit Experten der Anästhesie, Notfallmedizin, Chirurgie, Anatomie, Pflege und der medizinischen Lehre konnte auf fundiertes Wissen und Erfahrung auf einer breiten Wissensbasis aufgebaut werden. Durch gemeinsame wöchentliche Termine konnte ein kontinuierlicher Fortschritt gesichert werden.

Um Sprachbarrieren Studierender und Auszubildener entgegenzuwirken, welche deutsch nicht auf einem geeigneten Niveau sprechen, werden die Anwendungen in deutscher als auch englischer Sprache entwickelt.

Technische Hürden sollen durch einfache Tutorials, welche in den Anwendungen integriert sind, abgebaut werden.

Zu Beginn der Implementierung wurde mit einer Projektzeitleiste die zeitliche Planung in einzelne Projektphasen unterteilt.

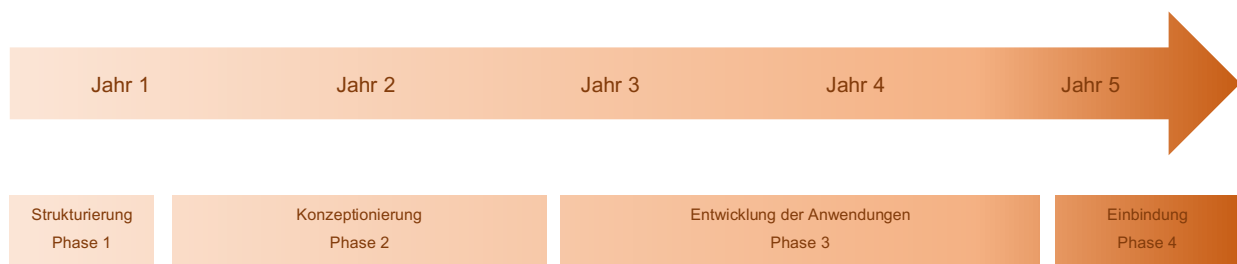


Abbildung 19: Projektzeitleiste

Zur detaillierten Aufgabenplanung und Management der Implementierungsphase erfolgte die Erstellung eines Projektstrukturplanes.³⁰

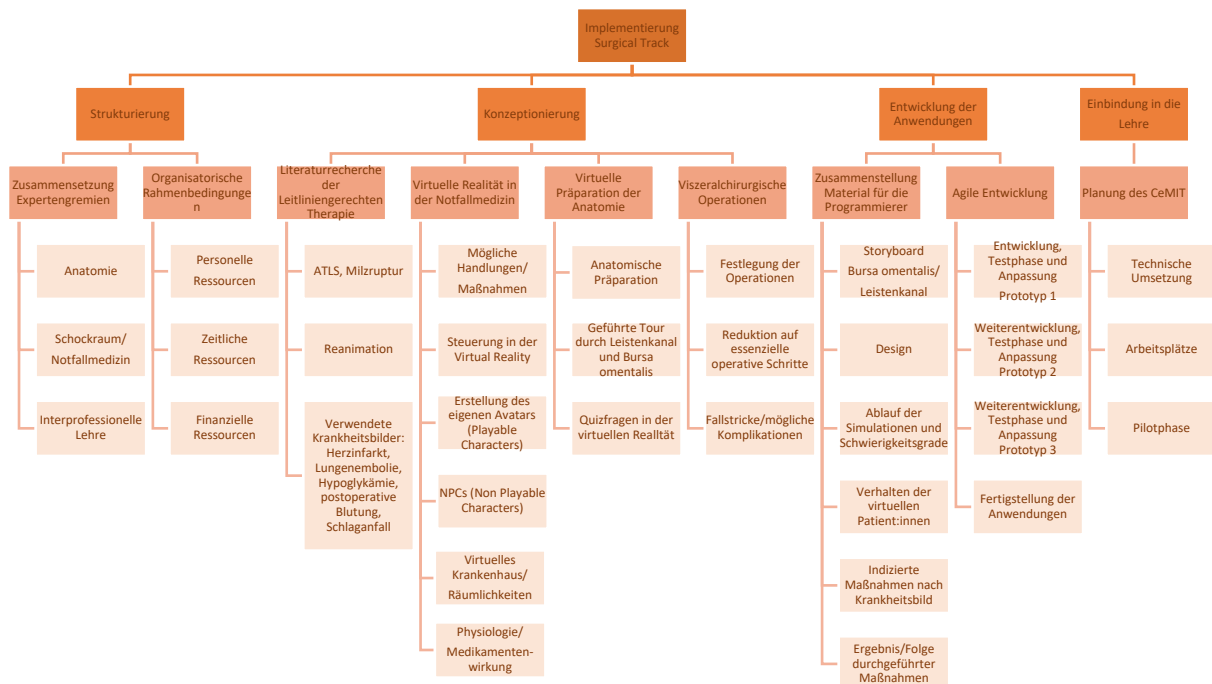


Abbildung 20: Projektstrukturplan der Implementierungsphase

Center for Medical Innovation and Technology

Durch die Unterstützung curricularer Verantwortlicher konnten Räumlichkeiten etabliert und umgebaut werden, um ein geeignetes Virtual Reality Labor für die Abhaltung der Virtual Reality Seminare zu schaffen, das *Center for Medical Innovation and Technology* (CeMIT). Im Zentrum der Anatomie konnten durch einen Umbau unter anderem 12 Seminararbeitsplätze für die Virtual Reality und ein Dozentenplatz geschaffen werden.



Abbildung 21: Virtual Reality Labor im CeMIT (Center for medical Innovation and Technology)

Um nachhaltig einen aktuellen technischen Standard abbilden zu können wurde das Labor mit leistungsstarker Hardware in allen Bereichen ausgestattet. Durch leistungsstarke Computer wird langfristig ein flüssiges Virtual Reality Erlebnis möglich. Bei der Wahl der Virtual Reality Hardware, also Brille und Controller, fiel diese auf die Pimax 8K. Die 8K Auflösung, Bildwiederholfrequenz von 80Hz und ein breites Field of View von 200° unterstützen langfristig die aufwendigen Virtual Reality Anwendungen. Über die integrierten Kopfhörer wird ein immersives Erlebnis für die Anwender:innen vervollständigt. Mit Hilfe der zugehörigen Controller können Funktionen wie Greifen und Loslassen von virtuellen Instrumenten realitätsnah umgesetzt werden.



Abbildung 22: Medizinstudierender während einer virtuellen Operation

Über ein Kamerasystem können Simulationen aufgezeichnet und im Anschluss analysiert werden. Über einen zusätzlichen großen Übersichtsbildschirm können die Simulationen durch die anderen Seminarteilnehmenden verfolgt werden.

Zeitliche Ressourcen

Die Integration des *surgical tracks* in das bestehende Curriculum bietet Herausforderungen, die es zu überwinden gilt, um eine Integration der Virtual Reality Seminare über das gesamte Studium hinweg zu etablieren. Daher werden Virtual Reality Seminare als ersten Schritt in bereits bestehende Seminare und Lehrveranstaltungen eingebunden.

Im Anatomie Semester (1./2. Semester) können die Dozierenden ab dem Wintersemester 2025/26 im Rahmen der Kleingruppenseminare die Möglichkeiten des CeMIT nutzen um vertiefend den Leistenkanal und die Bursa omentalis als geführte Tour aus einer neuen Perspektive zu erleben, um so das topographische Verständnis und die Lagebeziehungen zu steigern. Um erste klinische Einblicke zu erhalten, bieten sich zudem die Möglichkeit an, die operativen VR-Simulationen in die anatomischen Seminare einzubauen und so klinische Aspekte bereits früh in die Lehre zu integrieren. Vor der ärztlichen Basisprüfung werden im Rahmen von Wahlveranstaltungen die anatomischen Module als freiwilliges Repetitorium angeboten. Im Rahmen des Blockpraktikums Chirurgie Teil 1 und 2 (6. und 9. Semester) werden die virtuellen OP-Simulationen, die Simulationen des instabilen Patienten auf der

Normalstation und die Schockraumsimulation in Kleingruppen seit dem Sommersemester 2025 eingebunden.

Durch die Unterstützung der Arbeitsgruppe Lehre der Viszeralchirurgie, der Verantwortlichen der anatomischen und viszeralchirurgischen Lehre und der Pflegeschule kann eine gemeinsame interprofessionelle Lehre erreicht werden. Der gemeinsame Wunsch nach einer Umsetzung dieser bildet einen essenziellen Baustein, um dieses Ziel zu erreichen. Gemeinsam ist es daher gelungen ab dem Sommersemester 2026 gemeinsame Lehrveranstaltungen aus Pflegeschüler:innen und Medizinstudierenden in Seminargruppengröße zu etablieren.

Im Rahmen des Praktischen Jahres wird den Studierenden der Viszeralchirurgie der Uniklinik Köln ab dem Sommer 2025 angeboten die virtuellen Simulationen im Rahmen von Seminaren am Nachmittag erneut zu absolvieren. So können kritische Notfallsituationen für die tägliche Arbeit und das weitere Berufsleben gefestigt werden oder die Vorbereitung für Tage im Operationssaal erfolgen.

Geplant ist eine weitere Integration als Wahlpflichtblöcke und bei positiver Rückmeldung als Bestandteil des klinischen Studienabschnittes in jedem Semester verpflichtend zu etablieren.

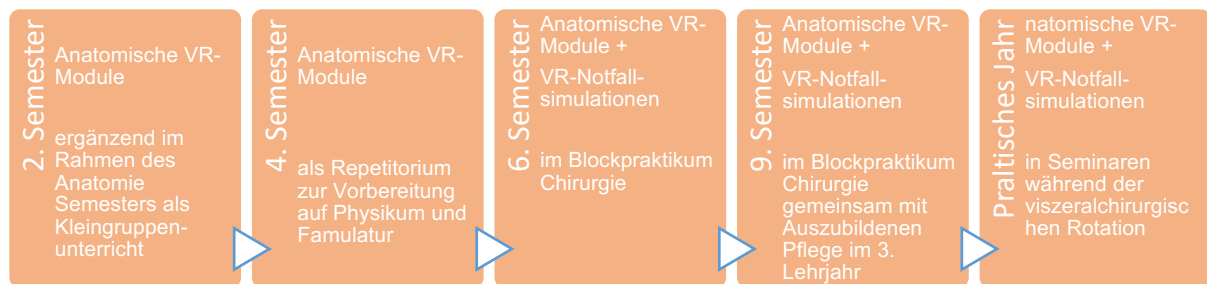


Abbildung 23: Integration des Surgical Tracks in das bestehende Curriculum ab Wintersemester 2025/26

Finanzielle Ressourcen

Finanziert wurde die Entwicklung der Virtual Reality Anwendungen und des CeMIT Cologne über Mittel der Medizinischen Fakultät, der Unistiftung Köln und dem Hochschulpakt III von Bund und Ländern. Durch einen an der Klinik angestellten Softwareentwickler mit Spezialisierung auf Virtual Reality Anwendungen kann eine stetige Aktualisierung der Anwendungen und Neueinbindung weiterer Virtual Reality Simulationen erfolgen, um das Projekt langfristig auszubauen und zukunftssträchtig zu gestalten. Im Rahmen der fortführenden Evaluation erfolgen zukünftig mono- und multizentrische Studien, um das Lernverhalten, den Lernerfolg und weitere Kriterien in der Virtual Reality zu untersuchen und finanzielle Ressourcen zu mobilisieren.

Expert:innengremien

In der Phase der Konzeptionierung der VR-Module fanden in regelmäßigen Abständen gemeinsame Termine mit den Expert:innengruppen statt, um die Module und deren detaillierte Umsetzung gemeinsam zu diskutieren und eine fachgerechte Darstellung garantieren zu können. Bis zum Abschluss der Konzeptionierung bestanden wöchentliche Termine.

Die Expert:innengruppen setzten sich wie folgt zusammen:

Module Anatomie

Da die drei anatomischen Module durch die unterschiedlichen Schwerpunkte verschiedene Expertise erfordern, wurde sich zu Beginn der Konzeptionierung dafür entschieden, zwei Expert:innengremien zu bilden: eine *Expert:innengruppe Anatomie* für die Module *Leistenkanal* und *Bursa omentalis*, bestehend aus einer Anatom:in, zwei Chirurg:innen und vier Studierenden und eine *Expert:innengruppe Chirurgie* für das Modul der *Topographischen Anatomie* bestehend aus 5 Chirurg:innen und 4 Studierenden.

Modul Schockraum

Das Schockraum Modul wurde von der *Expert:innengruppe Schockraum* betreut. Auf Grund der interdisziplinären Zusammenarbeit im Schockraum und der Abbildung von verschiedenen ärztlichen Rollen wurden Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen hinzugezogen. Insgesamt gab es 11 ärztliche Expert:innen welche jeweils profunde Erfahrungen im Schockraummanagement und damit in der Versorgung von Schwerverletzten besaßen: zwei Fachärzt:innen für Anästhesie, zwei Fachärzt:innen für Viszeralchirurgie, eine Fachärztin für Unfallchirurgie, ein Facharzt für Innere Medizin, zwei Schweizer Fachärzt:innen für Notfallmedizin und drei Ärzt:innen in der chirurgischen Weiterbildung. Zusätzlich wurden ein Psychologe, fünf Pflegefachkräfte und sechs Studierende der Humanmedizin zum Expert:innengremium hinzugezogen.

Modul Instabiler Patient

Das Modul des instabilen Patienten auf der Normalstation wurde von der Expert:innengruppe Instabiler Patient betreut. Die Expert:innen der Expert:innengruppe Schockraum wurden auf Grund ihrer Kenntnisse im Bereich der notfallmedizinischen Versorgung auch für diese Expert:innengruppe übernommen. Wegen des Ziels der interprofessionellen und gemeinsamen Lehre zwischen Studierenden der Medizin und Pflegeschüler:innen wurden zusätzlich zwei Pflegeschüler und zwei Mitarbeiter:innen der Pflegeschule hinzugezogen.

Die Kommunikation mit den einzelnen Expert:innengruppen erfolgte über die Plattform *Trello*, die Treffen erfolgten über die Plattform *Zoom*.

Für jedes Treffen wurde vorab eine Tagesordnung mit den jeweils zu diskutierenden Schwerpunkten festgelegt und im Detail vorbereitet und ausgearbeitet. Zudem wurden die Mitglieder per Mail über die zu besprechenden Themengebiete des nächsten Treffens informiert und erarbeitete Details vorab über *Trello* bereitgestellt, wodurch eine Diskussionsgrundlage für alle Mitglieder der Expert:innengruppen gebildet werden konnte, und zielführende Diskussion ermöglicht wurde.

Die Ergebnisse der einzelnen Treffen wurden zusammenfassend als Protokoll für alle Mitglieder der jeweiligen Expert:innengruppe abschließend auf der Lernplattform *Trello* bereitgestellt.

Die gemeinsame Arbeitsphase gliederte sich wie folgt auf:

Im ersten Schritt wurde die Idee des generellen Konzeptes in Form einer Power Point Präsentation erarbeitet, der Expert:innengruppe vorgestellt und anschließend zusammen mit der Expert:innengruppe diskutiert und weiter ausgearbeitet. Hierbei wurden durch Brainstorming folgende Details adressiert: welche Informationen sind für die späteren Anwender relevant, wie kann ein klinisch-relevanter Kontext hergestellt werden, in welcher Form soll das Wissen vermittelt und überprüft werden, wie können sowohl erfahrenere Anwender:innen als auch Unerfahrene die Anwendung möglichst effektiv nutzen und wie können die Vorteile von VR in die Lehre eingebunden werden.

Mit Hilfe der jeweils erstellten Mindmap konnten für jedes der VR-basierten Module im nächsten Schritt ein Grundkonzept erstellt werden. Diese Grundkonzepte wurden in den regelmäßigen Treffen mit den Expert:innengruppen weiter spezifiziert:

In Vorbereitung zu den regelmäßigen Treffen wurden die Ziele der Anwendung, notwendige allgemeine und spezielle Funktionen der Module, Verschiedene Möglichkeiten der Steuerung in der Virtuellen Realität, die virtuelle Umgebung und die Details der verschiedenen Anwendungen schrittweise ausgearbeitet. Diese detaillierten Ausarbeitungen wurden dann den Expertengruppen vorgelegt, gemeinsam diskutiert und auf Grundlage dessen zu detaillierten und spezifischen Konzepten ausgearbeitet.

Das jeweils finale Konzept wurde abschließend erneut der Expertengruppe vorgelegt und nach Zustimmung aller Mitglieder angenommen.

Die konzeptionierten Module

Im Folgenden werden die erarbeiteten Konzepte der drei Anatomischen VR-Module, des Schockraum Moduls und des Moduls des instabilen Patienten beschrieben.

Erarbeitete Konzepte der anatomischen Module

Modul Leistenkanal

Das Ziel des Moduls Leistenkanal ist der Aufbau eines profunden Verständnisses des Leistenkanals des Mannes. Dieses Modul richtet sich an Studierende in vorklinischen Semestern zur Unterstützung der Lehre der Anatomie und an Studierende in klinischen Semestern zur Auffrischung bereits erlernter Kenntnisse. Das Modul Leistenkanal ist eine VR-basierte Simulation eines Präparierkurses, welche die Anwender:innen in Form einer interaktiven Tour durch alle relevanten Themengebiete der Anatomie des Leistenkanals führt. Wahlweise kann die Anwendung als Quiz-Modus mit interaktiven Quizfragen oder als Lern-Modus ohne Quizfragen gestartet werden.

Die Simulation beginnt an einem virtuellen Präparier-Tisch mit neutraler Umgebung. Die Anwender:innen werden Schritt für Schritt über auditive Handlungsanweisungen und zusätzliche Infofelder durch die Präparation zum Leistenkanals geleitet. Die Präparation erfolgt in vereinfachter Art und Weise, indem z.B. beim Ablösen der Muskelfaszien nur ein kleiner Teil beispielhaft selbstständig durch die Anwender:innen mit dem virtuellen Skalpell gelöst werden muss, der Rest wird automatisch gelöst. Hierdurch soll das Verständnis für die einzelnen Schritte der anatomischen Präparation geschärft werden, ohne dabei langwierige Präparationen durchführen zu müssen.

Ist die Präparation beendet besteht die Möglichkeit der Teleportation in den Leistenkanal. Beginnend am Anulus inguinalis superficialis können sich die Anwender:innen auf dem Funiculus spermaticus frei fortbewegen und an festgelegten Stationen anatomisches Wissen über den Leistenkanal erwerben:

- Begrenzungen des Leistenkanals
- Zuordnung der Schichten der Bauchwand zu den Schichten des Funiculus spermaticus
- Verlauf des N. ilioinguinalis
- Inhalt des Funiculus spermaticus
- Strukturen im Leistenkanal beim Mann
- Strukturen im Leistenkanal bei der Frau
- Innenrelief der Bauchwand und dortige Bruchpforten der direkten und indirekten Leistenhernie
- Hesselbach-Dreieck und dessen begrenzende Strukturen
- Herniensimulation im Leistenkanal

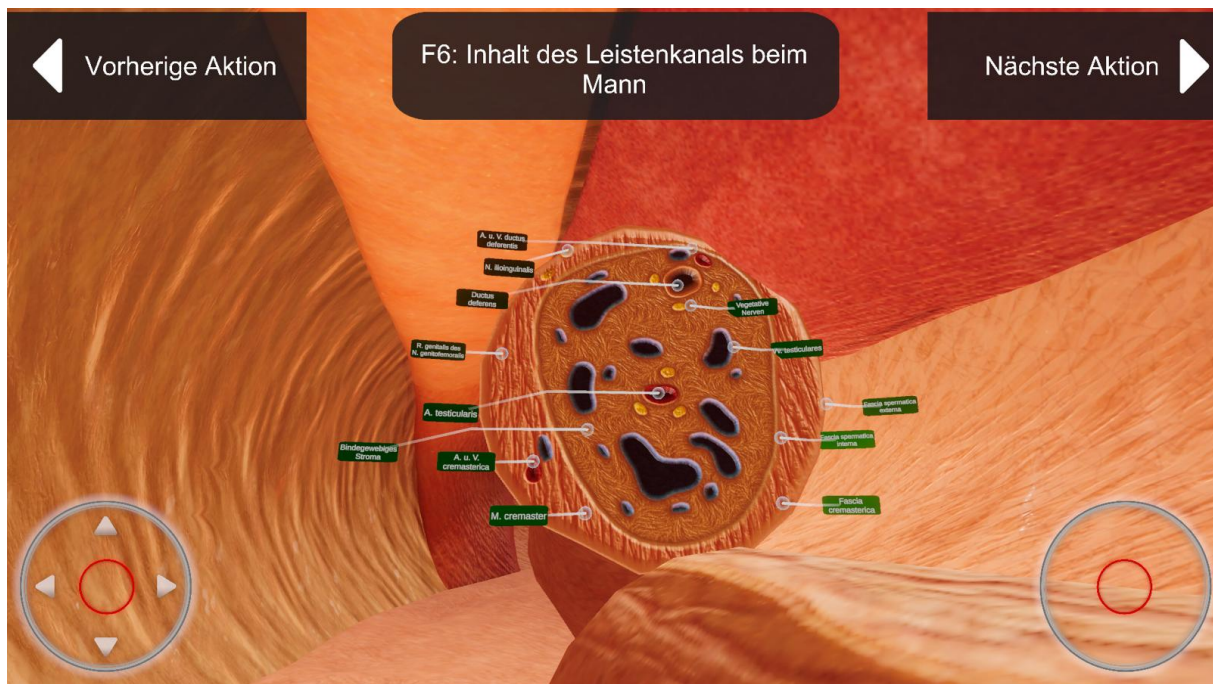


Abbildung 24: Blick auf den Querschnitt des Funiculus spermaticus im Leistenkanal

Schließlich können sich die Anwender:innen aus dem Leistenkanal zurück an den virtuellen Präpariertisch teleportieren. Es besteht nun die Möglichkeit selbstständig eine offene Herniotomie nach Lichtenstein entweder mit oder ohne Hilfestellung durchzuführen.

Nach Beendigung der virtuellen OP-Simulation wird den Anwender:innen im Quiz-Modus ihr individuelles Ergebnis der im Verlauf der Simulation beantworteten Quizfragen angezeigt. Anwender:innen die das Modul Leistenkanal im Lern-Modus verwendet haben wird angeboten das Modul im Quiz-Modus zu wiederholen.

Schritt 1	Hautschnitte und Dissektion auf das subkutane Fettgewebe Quizfrage zu Strukturen im abdominellen subkutanen Fettgewebe Entfernen des subkutanen Fettgewebes
Schritt 2	Entfernen der Fascia abdominalis superficialis
Schritt 3	Entfernen der Muskelfaszie und Kreuzschnitt durch den Musculus obliquus externus abdominis, dann Entfernen der Muskelfaszie und Y-förmiger Schnitt durch den Musculus internus abdominis Quizfrage zur Lage des Anulus inguinalis superficialis
Schritt 4	Teleportation in den Leistenkanal und Erkundung auf dem Funiculus spermaticus mittels Quizfragen
Schritt 5	Teleportation in das Abdomen mit Blick auf das Innenrelief der Bauchwand und Zuordnung anatomischer Strukturen dort
Schritt 6	Simulation direkter und indirekter Hernie im Leistenkanal
Schritt 7	virtuelle Operation: offene Herniotomie nach Lichtenstein

Abbildung 25: vereinfachter Ablauf Modul Leistenkanal: Nach der anatomischen Präparation wie am Körperspender folgt die Teleportation in den Leistenkanal. Die Studierenden stehen am Eingang des Anulus inguinalis superficialis und können sich auf dem Funiculus spermaticus fortbewegen. Im Verlauf wird das komplette relevante anatomische Wissen um den Leistenkanal interaktiv erworben.

Modul Bursa Omentalis

Das Ziel des Moduls Bursa omentalis ist der Aufbau eines profunden Verständnisses der anatomischen Lageverhältnisse der Bursa omentalis. Dieses Modul richtet sich an Studierende in vorklinischen Semestern zur Unterstützung der Lehre der Anatomie und an Studierende in klinischen Semestern zur Auffrischung bereits erlernter Kenntnisse. Das Modul ist äquivalent zum Modul Leistenkanal eine VR-basierte Simulation eines Präparierkurses, welche die Anwender:innen in Form einer interaktiven Tour durch alle relevanten Themengebiete der Anatomie der Bursa omentalis führt. Wahlweise kann die Anwendung als Quiz-Modus mit interaktiven Quizfragen oder als Lern-Modus ohne Quizfragen gestartet werden.

Die Präparation erfolgt in vereinfachter Art und Weise wie im Modul Leistenkanal und orientiert sich an der anatomischen Präparation am Körperspender.

Nach fertiggestellter anatomischer Präparation besteht die Möglichkeit einer Teleportation in die Bursa omentalis. Beginnend auf dem Omentum majus können sich die Anwender:innen über das Foramen omentale in die Bursa omentalis begeben und an festgelegten Stationen anatomisches Wissen über diese erwerben:

- Begrenzungen des Foramen omentale
- Inhalt des Ligamentum hepatoduodenale
- Lagebeziehungen im Abdomen
- Isthmus der Bursa omentalis und Plicae
- Begrenzungen der Bursa omentalis
- Begrenzungen der Recessus der Bursa omentalis
- Chirurgische Zugangswege in die Bursa omentalis und dort verlaufende Gefäße

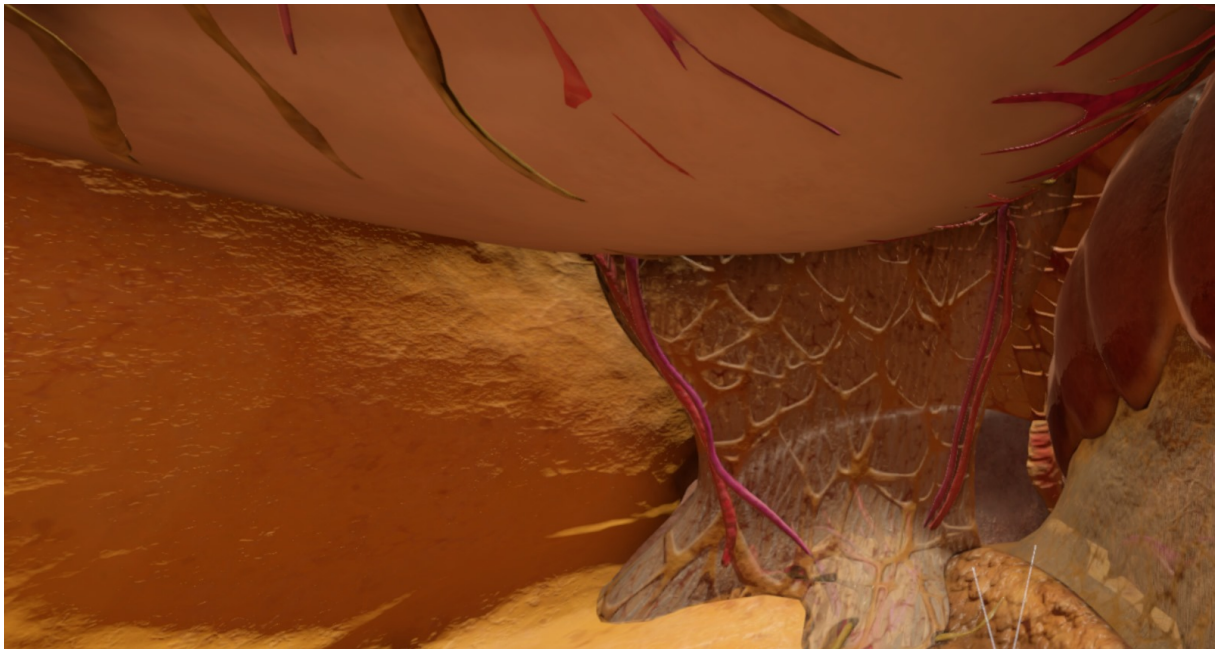


Abbildung 26: Blick in die Bursa omentalis

Um die Bursa omentalis zu verlassen, müssen die Anwender:innen aktiv das Ligamentum gastrocolicum durchtrennen und dadurch den chirurgischen Zugangsweg in die Bursa als Ausgang eröffnen.

Nach Beendigung wird den Anwender:innen im Quiz-Modus ihr individuelles Ergebnis der im Verlauf der Simulation beantworteten Quizfragen angezeigt. Anwender:innen die das Modul im Lern-Modus verwendet haben wird angeboten das Modul im Quiz-Modus zu wiederholen.

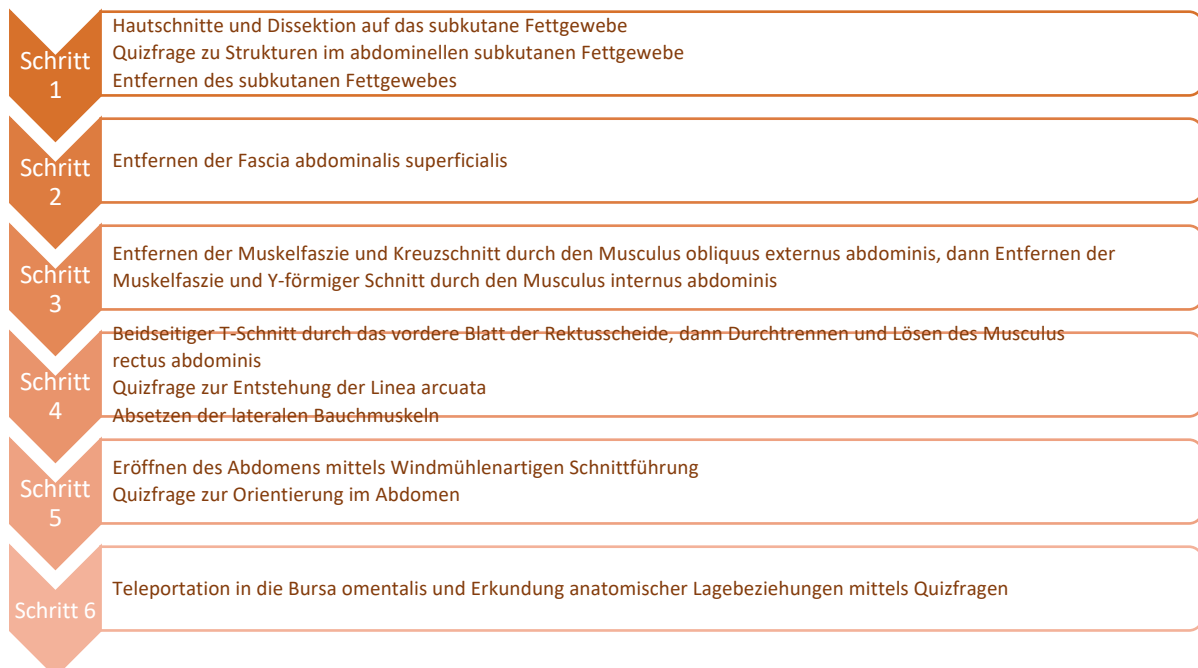


Abbildung 27: Vereinfachter Ablauf Modul Bursa omentalis: Nach der anatomischen Präparation wie am Körperspender folgt die Eröffnung der Bauchhöhle und die Teleportation in die Bursa omentalis. Die Studierenden stehen am Eingang des Foramen omentale und können dort beginnend die anatomischen Lagebeziehungen an verschiedenen Stationen erkunden und erlerntes Wissen mittels interaktiver Quizfragen kontrollieren.

Modul Topographische Anatomie

Das Ziel des Moduls Topographische Anatomie ist die vertikale Integration anatomischer Grundlagen im relevanten Kontext chirurgischer Operationen aufzufrischen und gleichzeitig eine gezielte Vorbereitung auf praktische Einsätze während des klinischen Studienabschnitts bis zur ärztlichen Weiterbildung zu ermöglichen. Mit diesem Modul können sechs viszeralkirurgische Operationen in einem virtuellen OP-Saal simuliert und mit oder ohne Hilfestellungen durch die Anwender:innen eigenständig durchgeführt werden.

Folgende Operationen können simuliert werden:

- Gastrektomie
- Hemicolektomie links
- Hemicolektomie rechts
- Hemihepatektomie links
- Hemihepatektomie rechts
- Splenektomie

Auf Grund der Komplexität der dargestellten Operationen wurden diese auf die jeweils relevanten Schritte vereinfacht. Die Festlegung, welche OP-Schritte als relevant gelten, erfolgte durch 5 Oberärzt:innen für Viszeralchirurgie im Delphi-Verfahren.

Beispielhaft erfolgt hier die Darstellung der relevanten Operationsschritte bei der offenen Herniotomie nach Lichtenstein wie sie in der virtuellen Operationssimulation abläuft:

1. 4cm langer schräger Hautschnitt ca. 2 Querfinger breit über dem Leistenband mit Durchtrennung der Subkutis bis auf die Externus-Aponeurose
2. Durchtrennung der Externusaponeurose vom Anulus inguinalis superficialis
3. Freilegung des Anulus inguinalis profundus und verfolgen des Samenstranges bis dahin
4. Eröffnen des Bruchsacks
5. Reposition der Hernie
6. Verschließen des Bruchsacks mittels Tabaksbeutelnaht
7. Einlegen, Anpassen und Fixieren des Netzes am Unterrand des Leistenbandes beginnend am Os pubis
8. Neubildung des Anulus inguinalis profundus mit Hilfe des Netzes
9. Fixieren des kranialen Netzanteils auf dem Musculus obliquus internus mit Einzelknopfnähten
10. Verschluss der Externusaponeurose
11. Subkutan- und Hautnaht



Abbildung 28: Medizinstudent während einer virtuellen viszeralkirurgischen Operationssimulation nach erfolgter Laparotomie

Erarbeitetes Konzept Modul Schockraum

Das Ziel des Moduls Schockraum ist das Erlernen des Schockraum Algorithmus und der Aufbau notfallmedizinischer Kompetenzen, vor allem im Bereich der Stabilisierung kritisch kranker Patient:innen. Weiterhin soll die interdisziplinäre Teamarbeit im Schockraum und die damit verbundene Kommunikation geschult und verbessert werden.

Im Modul Schockraum sollen die Anwender:innen das klinische Krankheitsbild einer akuten Milzruptur im Schockraum behandeln.

Simulationsablauf

Die VR-Simulation beginnt in einem virtuellen Arztzimmer durch den Anruf der Leitstelle, welche den virtuellen Patienten für den Schockraum ankündigt. Daraufhin hat der Teamleader die Möglichkeit, auf Basis der im Anruf erhaltenen Informationen über den virtuellen Patienten, sein Schockraum-Team durch die Auswahl von Non-playable characters (NPCs) zusammenzustellen. Danach erfolgt im Schockraum die Übergabe des virtuellen Patienten durch den Rettungsdienst an das Schockraum-Team. Folgend beginnt die Phase der Patientenversorgung im Schockraum, in der die Anwender:innen alle diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen zur Verfügung haben, welche auch in einem realen Schockraum zu Verfügung hätten. Das Szenario endet mit der Entscheidung über die weitere klinische

Versorgung des virtuellen Patienten durch den Teamleader. Hierbei stehen dem Teamleader folgende Möglichkeiten zur Auswahl: Entlassung des Patienten, Verlegung auf die Normalstation, Verlegung auf die Intensivstation, Verlegung in den OP. Diese Entscheidung kann jederzeit getroffen werden.

Abschließend folgt ein virtuelles Debriefing an dem alle Teammitglieder teilnehmen. Hier können die angewendeten Maßnahmen während der VR-Simulation eingesehen werden. Zusätzlich werden während der Simulation alle abgehandelten Maßnahmen mit einem Zeitstempel versehen. Dadurch können sowohl die Indikation der abgehandelten Maßnahmen, die Entscheidung über die weitere klinische Versorgung und die zeitlichen Faktoren gemeinsam analysiert und diskutiert werden.

Schwierigkeitsgrade

Um die unterschiedlichen Wissens- und Erfahrungsstände im Laufe der ärztlichen Aus- und Weiterbildung und sowohl Grundlagen erlernen als auch komplexe Szenarien trainieren zu können, fiel die Entscheidung ein klinisches Krankheitsbild in vier unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden (Level) abzubilden:

Level	Zielgruppe	Falldarstellung
I	Studierende im klinischen Studienabschnitt ohne Vorerfahrung	Der virtuelle Patient wird als Sturz über den Fahrradlenker mit stumpfen Bauchtrauma angekündigt. Über die gesamte Dauer der Simulation befindet sich der Patient in einem stabilen kardiopulmonalen Zustand. Anfänglich besteht auf Grund des Traumas der Verdacht auf eine Milzruptur, welche sich in der Diagnostik nicht bestätigt. Die Anwender:innen werden durch einen virtuellen Oberarzt (NPC) angeleitet und der korrekte Algorithmus schrittweise erläutert.
II	Studierende im kl. Studienabschnitt mit wenig Vorerfahrung	Der virtuelle Patient ist identisch zum Level I, allerdings entfällt die Führung der Anwender:innen durch den virtuellen Oberarzt. Die Simulation muss daher selbstständig durchgeführt werden.
III	Studierende im kl. Studienabschnitt/PJ mit Vorerfahrung und Ärzt:innen in Weiterbildung	Der virtuelle Patient wird als Sturz über den Fahrradlenker mit stumpfen Bauchtrauma angekündigt. Im Gegensatz zu Level I und II hat dieser virtuelle Patient allerdings tatsächlich eine Milzruptur. Zunächst ist der Zustand des Patienten kardiorespiratorisch stabil, entgleist im Verlauf des Szenarios allerdings durch die persistierende Blutung bis zum hämorrhagischen Schock.
IV	Studierende im kl. Studienabschnitt/PJ mit viel Vorerfahrung und Ärzt:innen in Weiterbildung	Der virtuelle Patient wird nach einem Überrolltrauma in den virtuellen Schockraum. Von Beginn an ist der Patient in einem kardiorespiratorisch instabilen und zunehmend kritischen Zustand. Eine Stabilisierung des Patienten ist nur durch Ausschöpfung aller Maßnahmen zur Kreislaufstabilisierung und zügiger Entscheidung zur operativen Versorgung zu erzielen. Im Level IV ist, im Gegensatz zu den anderen Leveln, der Tod des virtuellen Patienten möglich.

Tabelle 4: Schwierigkeitsgrade Modul Schockraum

Zusammensetzung des Schockraumteams: Multiplayer und NPCs

Das Modul ist als interdisziplinärer Multiplayer (online und lokal) spielbar. Bisher gibt es zur personellen Zusammensetzung eines Schockraumteams keine ausreichenden Untersuchungen, die Leitlinie empfiehlt eine Zusammensetzung aus mindestens 2 Ärzten mit notfallchirurgischer und notfallmedizinischer Kompetenz und 2 Pflegekräften.⁴⁶ Auf Grund dieser Empfehlung und der Begrenzung der Anwender:innen durch die Verwendete VR-Technologie wurde die Anzahl der gleichzeitig Teilnehmenden auf maximal drei begrenzt. Die Anwendung kann folglich auch allein oder zu zweit verwendet werden. Je nach Anzahl der Mitspieler können bis zu drei spielbaren Rollen ausgewählt werden: Teamleader, Anästhesist und Chirurg. Die Rolle des Teamleaders soll in der VR-Simulation immer besetzt werden, die Rollen von Anästhesist und Chirurg sind bei weniger als drei Spieler:innen optional zu besetzen.



Abbildung 29: Schwierigkeitsgrade und Rollenauswahl Schockraum

Zusätzlich werden die Spieler durch sogenannte Non-playable characters (NPCs) unterstützt. NPCs können ärztliche und pflegerische Rollen abbilden. Die ärztlichen NPCs können entweder bei Bedarf zu Beginn des Szenarios, insbesondere in den komplexeren Szenarios (Level III, IV) hinzugezogen werden oder die nichtbesetzten spielbaren Rollen (Anästhesist, Chirurg) übernehmen. Ärztliche NPCs agieren autark, d.h. diese NPCs führen ihre Rollenspezifischen Aufgaben selbstständig aus und geben zu jeder Maßnahme eigenständig auditives Feedback (Maßnahmen Tab. 2).

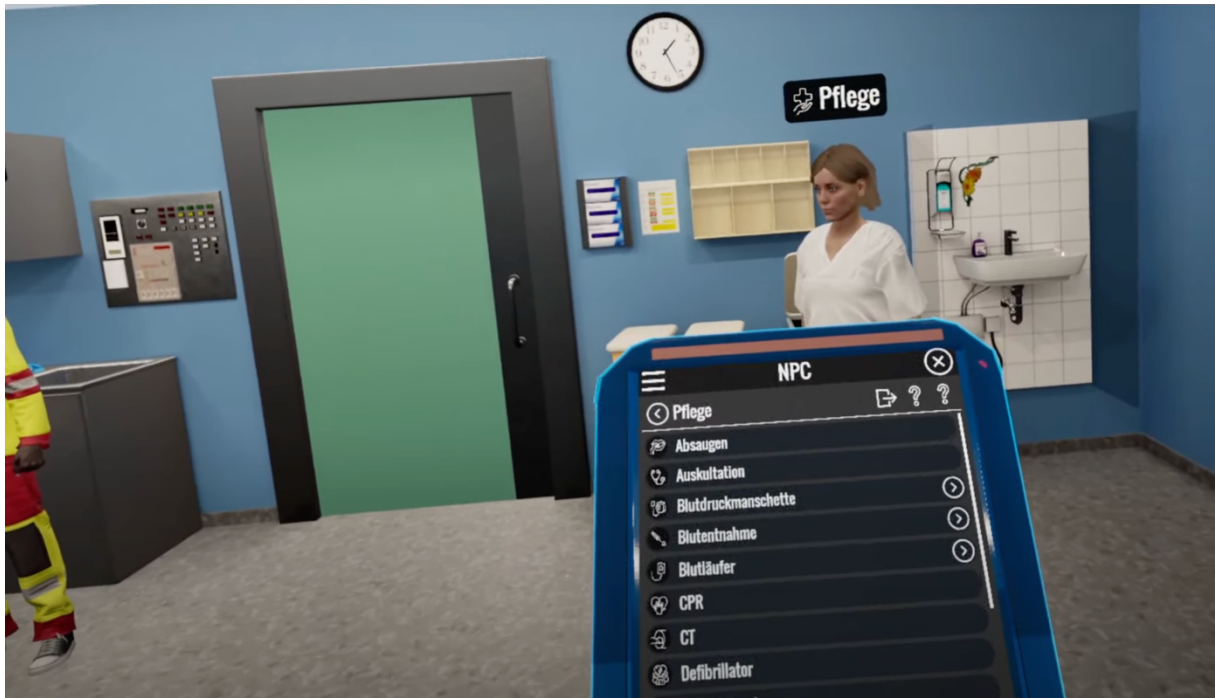


Abbildung 30: Steuerung einer Pflegekraft (NPC) im Schockraum

Die Mitglieder der notfallmedizinischen Pflege werden immer durch NPCs abgebildet. Diese können zu Beginn der Anwendung den jeweiligen Spielern zugeordnet werden und sollen im Verlauf durch diese Anweisungen erhalten. Zusätzlich ist der Teamleader befähigt Maßnahmen an die NPCs zu übergeben (Maßnahmen Tab. 2). Durch aktive Anleitung der NPCs können delegierbare und pflegespezifische Maßnahmen durch die Pflege-NPCs ausgeführt werden. Wurde einem NPC eine Maßnahme zugeteilt erhalten die Spieler eine akustische Rückmeldung durch den NPC. Die beauftragte Maßnahme wird in diesem akustischen Feedback wiedergegeben, beispielsweise bei der Beauftragung ein 3-Kanal-EKG zu kleben, spiegelt der NPC mittels akustischen Feedbacks „Ich werde ein 3-Kanal-EKG kleben“. Dies soll die Kommunikation durch regelmäßige Rückkopplung schulen. Bei der Zuteilung einer falschen Maßnahme erhalten die Anwender:innen so außerdem die Möglichkeit ihren Fehler zu bemerken, diesen zu korrigieren und die Durchführung der Maßnahme abubrechen. Genauso erhalten die Spieler:innen ein akustisches Feedback durch die NPCs, wenn eine beauftragte Maßnahme ausgeführt wurde. Um bei dem o.g. Beispiel zu bleiben, gibt der NPC nach Anlage des 3-Kanal-EKG folgendes akustisches Feedback: „Ich habe das 3-Kanal-EKG geklebt.“.

Um ein realistisches Szenario zu erschaffen können NPCs nicht mit unendlich vielen Aufgaben gleichzeitig beauftragt werden. Maximal kann ein NPC 3 Maßnahmen behalten, welche durch diesen nacheinander und in der Reihenfolge der Zuteilung erledigt werden. Auch hier erhalten die Anwender:innen akustisches Feedback, wenn die virtuelle Pflegefachkraft zunächst noch

weitere Maßnahmen erledigen muss, bevor die neu beauftragte Maßnahme ausgeführt werden kann oder wenn aktuell keine Kapazitäten für weitere Maßnahmen mehr vorliegen.

Verlieren die Anwender:innen den Überblick über die ihnen zugeteilten NPCs, können aktuell beauftragte Maßnahmen über ein Icon erfragt werden. Bereits beauftragte Maßnahmen können auch vor Durchführen dieser wieder storniert werden.

Für die Steuerung der NPCs wurde ein tabellarisches Menü mit Unterkategorien entwickelt, um diese trotz der Vielzahl möglicher übertragbarer Maßnahmen effektiv zu gestalten.

Anleitung durch den virtuellen Oberarzt

Der virtuelle Oberarzt dient in der VR-Simulation als lehrende Instanz in Level I der Simulation und soll den Anwender:innen den Ablauf des Schockraums erläutern. Der virtuelle Oberarzt leitet die Anwender:innen schrittweise durch den Schockraum. Hierbei werden nicht nur die indizierten Maßnahmen beleuchtet, sondern es erfolgen auch Hinweise, welche Maßnahmen in der jeweiligen Phase noch durchführbar wären aber in dem simulierten Szenario nicht indiziert sind. Außerdem wird durch den virtuellen Oberarzt die rollenspezifische Zuteilung einzelner Maßnahmen vermittelt, um ein Verständnis für die jeweilige Rolle im Schockraum zu fördern. Dadurch können die Studierenden einerseits einen vollständigen Überblick ohne Zeitdruck über die dargestellten diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten erhalten, andererseits können sie so den strukturierten Ablauf mittels Schockraumalgorithmus erlernen.



Abbildung 31: Virtueller Oberarzt zum Erlernen des Schockraumalgorithmus

Maßnahmen

Zur Stabilisierung des virtuellen Patienten sollen den Anwender:innen alle diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen zur Verfügung stehen, welche auch in der realen Schockraumversorgung möglich wären (Tabelle 3).

Schockraumalgorithmus	Maßnahme	Konsequenz
Primary Survey		
A	Prüfung Atemwegsverlegung (E1) Prüfung Atmung (E1) Absaugen (E2) Atemwegssicherung (K) O2-Gabe (E1) Prüfung HWS-Verletzung (E1) HWS-Immobilisation (E1)	Atemwege frei Atmung vorhanden Patient abgesaugt Patient intubiert, Beatmungsgerät an Gabe von 6l O2 über Maske HWS stabil/instabil StiffNeck angelegt
B	Atemfrequenz/Atemmuster prüfen (E2) Auskultation Thorax (E2) Palpation Thorax (E1) Prüfung auf Zyanose (E2) Pulsoxymetrie anlegen und SpO2 bestimmen (E1) Einstellung des Beatmungsgeräts (E2) Anlage Thoraxdrainage (K) Analgosedierung und Narkose (E1)	Atemgeräusch hörbar, AF abschätzbar Atemgeräusch auskultierbar Thorax stabil/instabil Zyanotisch/nicht zyanotisch Pulsoxymetrie liegt an, Darstellung von HF und SpO2 auf Monitor Beatmungsgerät umstellen Thoraxdrainage angelegt Medikamentengabe/Sedierung/Narkose
C	Periphere Pulse messen (E2) EKG anlegen (3-Kanal, 12-Kanal) (E1) EKG interpretieren (E2) Blutdruck messen (E1) Arteriellen Zugang legen (K) Kapilläre Füllungszeit bestimmen (E2) Palpation Abdomen (E1) Palpation Becken (E1) Palpation lange Röhrenknochen (E1) Anlage von Druckverbänden FAST durchführen + interpretieren PVK-Anlage (K) Volumentherapie (E1) Blutentnahme inkl. BGA (K) Anlage ZVK (K) Kreuzblut abnehmen (K) Transfusion von EKs (K) Kreislaufunterstützende Medikation	Pulssynchrone Vibration EKG liegt an, Darstellung auf Monitor EKG sichten und interpretieren Blutdruckmanschette liegt an, Darstellung RR auf Monitor Arterieller Zugang liegt, Darstellung auf dem Monitor Messen der Rekapillarierungszeit durch Beobachtung Feedback Druckschmerz/Verhärtungen Becken stabil/instabil Extremität stabil/instabil Darstellung Sonographischer Bilder PVK liegt, i.v. Gabe möglich Volumengabe, Auswirkung auf RR und HF Ergebnis BGA und Labor nach Wartezeit ZVK liegt Bedside Test, Transfusion Auswirkung auf RR und HF, Hb Anstieg
D	Pupillenreaktion testen (E2) BGA auswerten (E2) Blutzucker bestimmen (E2) GCS erheben (E1)	Pupillenreaktion beobachten BGA interpretieren BZ einzeln oder in BGA testen GCS-Angabe

E	Patient entkleiden (NPC)	NPC entkleidet Patient
	Patient zudecken (Warme Decke) (NPC)	NPC deckt Patient zu
	Wärmeinfusion (E1)	Volumengabe, steigende Temperatur
	Temperaturmessung (NPC)	Rückmeldung Temperatur
Secondary Survey		
Weiteres	Röntgen (E1)	Röntgenbild einsehbar
	CT (E1)	Patient verlässt Schockraum für CT, Bilder einsehbar
	Defibrillator (NPC)	Anbringen durch NPC bei Schockbaren Rhythmen

Tabelle 5: Ablauf im Schockraum nach ATLS und durchführbare Handlungen unterteilt in das ABCDE Schema. K = Komplexe Maßnahme, E1 = Einfache Maßnahme mit Wartezeit und Darstellung des Ergebnisses, E2 = Einfache Maßnahme mit selbstständiger Durchführung

Die eigene Rolle und die Rolle der anderen

Die Aufteilung bestimmter Maßnahmen ist durch die fachliche Kompetenz der ärztlichen Rolle in der Versorgung von Schockraumpatient:innen festgelegt. Die Spieler:innen sollen in der VR-Simulation die rollenspezifische Zuteilung einzelner Maßnahmen in Level I erlernen und in den folgenden Schwierigkeitsstufen umsetzen. Um das Rollenverständnis nicht durch die Begrenzung von Maßnahmen zu erzwingen, ist es den Spieler:innen prinzipiell möglich alle durchführbaren Maßnahmen auszuführen, auch wenn diese nicht der gewählten Rolle entsprechen. So kann z.B. auch der Spieler in der Rolle des Allgemeinchirurgen den virtuellen Patienten intubieren, obwohl diese Aufgabe durch den Anästhesisten zu erledigen wäre. Das Rollenverständnis soll abschließend im Debriefing aufgearbeitet werden. Durch diese Freiheit soll ohne künstliche Einengung der Anwender:innen ein Rollenverständnis erlernt und durch die Kommunikation im Team und die Aufarbeitung in den Debriefings geschärft werden.

NPCs, sowohl pflegerische als auch ärztliche können nur ihre Rollenspezifischen Maßnahmen erfüllen. So ist es beispielsweise nicht möglich einen Pflege-NPC mit einer endotrachealen Intubation zu betreuen.

Steuerung: Umsetzung von Handlungen in die virtuelle Realität

Durch die Grenzen der VR-Technologie, vor allem in der Umsetzung motorischer Handlungen, mussten komplexe Maßnahmen in geeigneter Art und Weise auf die Virtuelle Realität übertragen werden. Hierfür wurde ein einheitliches Konzept für die Übersetzung beziehungsweise die Vereinfachung der Maßnahmen entwickelt. Zudem sollte dieses Konzept eine möglichst intuitive Steuerung beinhalten, da davon auszugehen ist, dass ein Großteil der Anwender:innen wenig bis keine Erfahrungen im Bereich Virtual Reality mitbringen.

Das Konzept der Umsetzung der einzelnen Handlungsmöglichkeiten teilt sich je nach Maßnahme in komplexe Maßnahmen und einfache Maßnahmen.

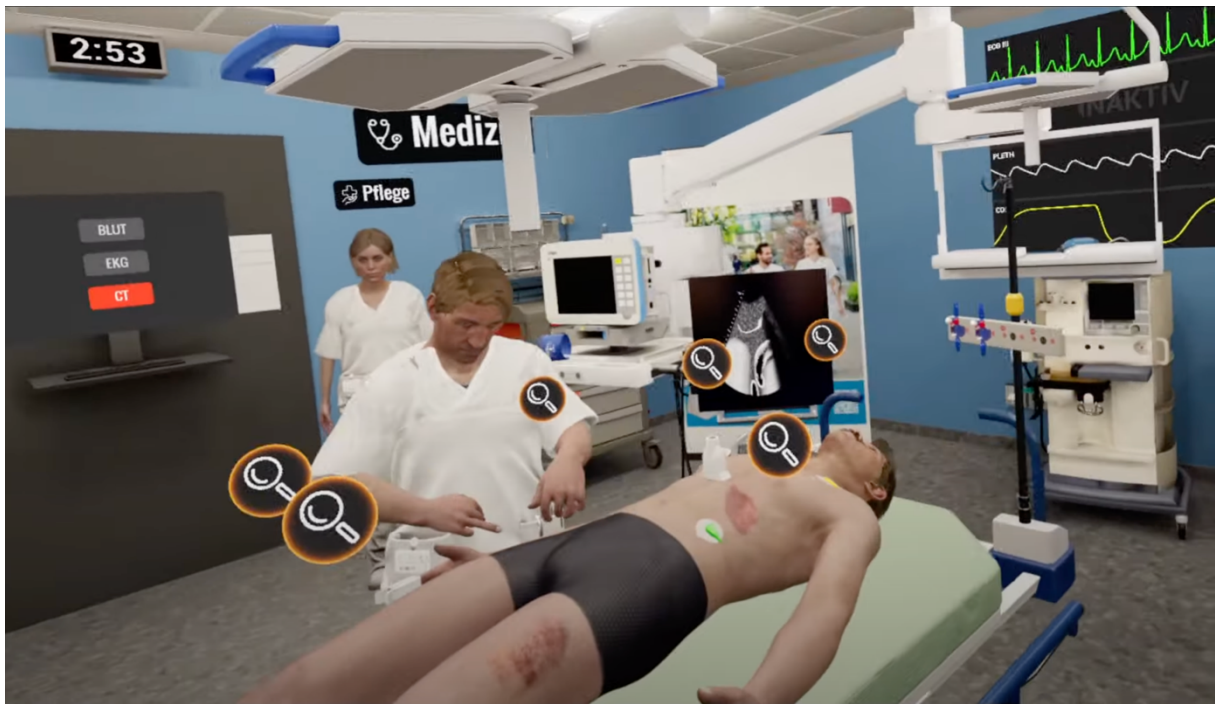


Abbildung 32: eFAST Sonographie durchgeführt durch einen ärztlichen NPC

Komplexe Maßnahmen, wie das Legen einer Thoraxdrainage oder die endotracheale Intubation zeichnen sich durch eine komplexe Abfolge feinmotorische Handlungen aus. Da feinmotorische Handlungen in der Virtuellen Realität nur unzureichend umgesetzt werden können, werden diese Maßnahmen vereinfacht durchgeführt, in dem der korrekte Ablauf bekannt sein muss und nicht einzelne Handlungsschritte detailliert durchgeführt werden. Wird also eine komplexe Maßnahme ausgewählt, erscheint ein gerichteter Materialtisch. Nacheinander müssen durch die Anwender:innen die richtigen Materialien in der richtigen Reihenfolge ausgewählt werden. Die eigentliche Handlung, wie zum Beispiel das Legen der Thoraxdrainage, erfolgt dann als Animation. Hierdurch sollen einerseits die Nachteile der VR-Technologie umgangen werden, andererseits bleibt ein edukativer Effekt, indem die korrekte theoretische Durchführung über die Kenntnis des benötigten Materials und der richtigen Reihenfolge erlernt werden kann. Zusätzlich wird so ein annähernd realistischer Zeitrahmen der jeweiligen Handlung abgedeckt. Komplexe Handlungen mussten daher in die wichtigsten Schritte zerlegt und bildlich aufgearbeitet für die Programmierer dargestellt werden.

Schritt	Auswahl des Gegenstandes	Animation
1	Desinfektionsmittel	Desinfektionsmittel wird in die Schale gegeben
2	Kittel, Haube, Mundschutz	Tragen eines sterilen Kittels, Haube, Mundschutz
3	Sterile Handschuhe	Tragen beiger Handschuhe
4	Tupfer in Desinfektionsmittel	Haut um die geplante Inzision wird gelb verfärbt
5	Steriles Lochtuch	Lochtuch bedeckt den Brustkorb
6	Lokalanästhesie	Spritze erscheint an der Inzisionsstelle
7	Skalpell	Hautinzision
8	Schere	Stumpfe Präparation durch die Schere
9	Drainage	Drainage erscheint in der korrekten Lage
10	Nahtmaterial	Annaht der Drainage
11	Drainagesystem	Anschluss des Systems
Fehler	Bei einer fehlerhaften Anwendung leuchtet das Material Rot (Fehlericon)	
Unsteril	Warnung unsteril, wenn Schritt 1-5 nicht ausgeführt wurden	

Tabelle 6: Ablauf in der Virtual Reality Schockraum Simulation einer komplexen Handlung am Beispiel der Anlage einer Thoraxdrainage

Bei den einfacheren Maßnahmen gibt es zwei verschiedene Arten der Vereinfachung. Maßnahmen, durch welche Material an den Patienten angebracht wird, wie die Anlage eines EKGs oder einer Blutdruckmanschette wurden so vereinfacht, dass das Material automatisch an den Patienten angebracht wird, sobald es durch die Anwender:innen in die Nähe der korrekten Stelle gehalten wurde. Beispielsweise bringen die Anwender:innen für die Anlage einer Blutdruckmanschette diese in die Nähe des Oberarms des virtuellen Patienten und können diese durch Drücken einer Bestätigungstaste anlegen. Das Anlegen erfolgt dann automatisch und die Blutdruckmanschette erscheint am Patientenarm.

Bei Maßnahmen, bei denen Material an den Patienten gehalten werden muss, wie bei der Auskultation oder der Sonographie muss das zur Handlung gehörende Material an eine vorgegebene Stelle auf dem Patientenkörper gehalten werden, um ein Feedback für die Anwender:innen zu kreieren. So sind bei der Sonographie des Abdomens die korrekten Auflagepunkte für die Schnittbildebenen der eFAST-Sonographie markiert und geben nach Auflage des virtuellen Schallkopfes auf diese Punkte ein Bild aus. Bei der Palpation der virtuellen Patient:innen muss eine realistische Wartezeit ablaufen, bevor das Feedback über die Stabilität gegeben wird.

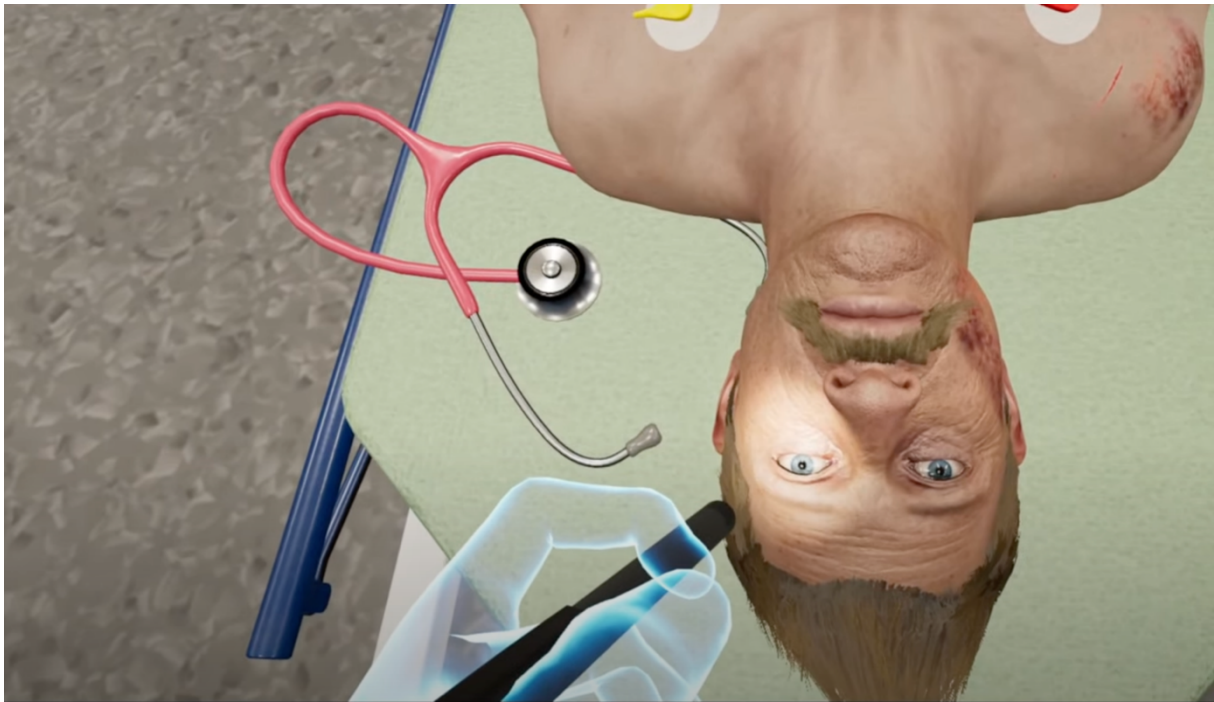


Abbildung 33: Kontrolle der Pupillen des virtuellen Patienten (einfache Anwendung)

Der virtuelle Patient und dessen Stabilisierung

Für die Erstellung des virtuellen Patienten in vier unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden wurden durch Fallbeispiele und durch die klinische Erfahrung des Expertengremiums Schockraum ein linearer Verlauf der Vitalparameter erstellt, welche den klinischen Zustand des Patienten widerspiegeln. Zudem wurde sich für die Umsetzung der virtuellen Patienten und der Patientenphysiologie für den Einbau einer artifiziellen Physiologie-Engine „Pulse-Engine“ entschieden, welche für die in den Modulen vorkommenden Krankheitsbilder, orientiert an der eigenen Ausarbeitung zu den virtuellen Patient:innen, modifiziert und erweitert wurde.

Die Stabilisierung des virtuellen Patienten soll im Sinne des Schockraumalgorithmus nach den ATLS im ABCDE Schema stattfinden.⁴⁵ Hierfür stehen den Anwender:innen alle in Tab. 3 dargestellten diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen zur Stabilisierung des Patienten zur Verfügung. Dabei haben alle durchführbaren Maßnahmen eine bestimmte Konsequenz, die sich auf den Zustand der virtuellen Patient:innen positiv oder negativ ausüben kann.

Diagnostische Maßnahmen haben keine direkte Auswirkung auf den Zustand des virtuellen Patienten, sondern geben den Anwender:innen als Feedback weitere Hinweise auf die Genese. Trotzdem können durch zu langsame oder zu umfangreiche diagnostische Maßnahmen negative Auswirkungen auf den Patientenzustand erfolgen, wenn keine gleichzeitigen therapeutischen Maßnahmen in einem kritischen Zustand unternommen werden oder durch die fehlende Anlage apparativer Diagnostik Informationen zum vitalen

Zustand der virtuellen Patient:innen fehlen. Wird beispielsweise die Pulsoxymetrie nicht angelegt, bekommen die Anwender:innen keine Informationen über Puls und Sättigung.

Therapeutische Maßnahmen haben einen direkten Effekt auf den Zustand des virtuellen Patienten und bestehen hauptsächlich in der Gabe von Medikamenten, Infusionen und Transfusionen, sowie in der rechtzeitigen Entscheidung zur Notfalloperation. Die Auswirkungen von therapeutischen Maßnahmen wird durch die verwendete Physiologie Engine *PULSE* auf den virtuellen Patienten übertragen. Die verwendeten Medikamente im Schockraum, Gabe von Flüssigkeiten und Blutprodukten sind bereits in der verwendeten Engine enthalten und stellen dadurch regelrechte Auswirkungen auf die Physiologie des virtuellen Patienten sicher.

Alle durchgeführten diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen können am Ende der Simulation durch alle Spieler:innen eingesehen werden.

Das Szenario endet immer durch die Entscheidung des Teamleader den virtuellen Patienten aus dem Schockraum zu verlegen oder durch den Tod des virtuellen Patienten. Die Entscheidung zur Verlegung bzw. Entlassung des virtuellen Patienten kann durch den Teamleader jederzeit getroffen werden und beinhaltet folgende Möglichkeiten: Verlegung auf die Normalstation, Verlegung auf die Intensivstation, Operation, Entlassung nach Hause.

Virtuelles Debriefing

Im Anschluss an die Simulation finden sich die Anwender:innen im Arztzimmer wieder. Hier erfolgt das virtuelle Debriefing, welches entweder gemeinsam mit dem Dozenten oder allein von den Anwender:innen durchgeführt werden kann. Im Debriefing sollten folgende Punkte thematisiert werden:

- Reflexion der eigenen Rolle und des Rollenverständnisses der anderen Teilnehmenden
- Adäquate und respektvolle Kommunikation
- ATLS-Algorithmus
- ABCDE Schema
- Zeitmanagement
- Indizierte/Nicht indizierte Maßnahmen

Zur vollständigen fachlichen Analyse des Ablaufes der Simulation können Zeitstempel einzelner Handlungen eingesehen werden.



Abbildung 34: Debriefing in Listenform, alternative Darstellung als Zeitstrahl möglich

Darstellung der Räumlichkeiten und Avatare

Für die räumliche Darstellung wurde der Schockraum der Uniklinik Köln als Vorbild genommen. Zudem wurde ein virtuelles Arztzimmer erstellt, welches auch als Debriefing Raum fungiert.



Abbildung 35: Darstellung des virtuellen Schockraums

Die spielbaren Avatare sind in Hautfarbe, Geschlecht und Größe konfigurierbar. Hierdurch kann eine bessere Identifikation mit dem eigenen Avatar ermöglicht werden. Non playable characters, also Patient:innen und weitere Teammitglieder des Schockraumteams sind in jedem Durchgang zufällig und divers dargestellt.

Erarbeitetes Konzept Modul instabiler Patient

Das Ziel des Moduls instabiler Patient auf der Normalstation ist das Training von Verhalten und Handlungen in typischen Notfallsituationen, die im späteren klinischen Alltag auf der Normalstation alltäglich auftreten können. Andererseits soll durch das gemeinsame Absolvieren des Moduls durch Medizinstudierenden und Auszubildenen zur Pflegefachkraft interprofessionelle Lehre erstmalig in das Kölner Curriculum integriert und die interprofessionelle Zusammenarbeit langfristig gefördert werden. Die VR-Simulationen können daher sowohl gemeinsam als auch allein genutzt werden. Entwickelt wurden insgesamt 7 verschiedene Virtual Reality Simulationen, welche akute Notfälle von virtuellen Patienten darstellen.

Um im Entwicklungsprozess Ressourcen zu sparen, wurden übertragbare Komponenten von aus der VR-Simulation „Schockraum“ übernommen werden. Hierzu zählen bereits erstellte Avatare, NPCs und deren Funktionalitäten, Steuerungselemente, Gegenstände und Teile der räumlichen Darstellung.

Simulationsablauf

Die Simulation beginnt in einem virtuellen Stationszimmer damit, dass ein Auszubildener in die Rolle des Nachtdienstes als examinierte Pflegefachkraft schlüpft. Der/die Auszubildene bekommt von einer virtuellen Pflegefachkraft aus dem Spätdienst eine Übergabe von 4 verschiedenen Patienten die es im Nachtdienst zu betreuen gilt. Um die Details der Patient:innen zu behalten, wird eine Stationsliste mit den wichtigsten Daten zu den 4 Patient:innen ausgehändigt.

Ist die Übergabe beendet findet sich der/die Auszubildene auf dem Stationsflur vor dem Patientenzimmer wieder. Im Zimmer wird dann die jeweilige Notfallsituation vorgefunden: nun muss der/die Stationsärzt:in informiert und der/die Patient:in bis zum Eintreffen des Arztes/der Ärztin versorgt werden. Hierfür kann sich der Auszubildene Hilfe von einem/einer weiteren Pflegefachschüler:in oder einem Non-playable-character der Pflege holen. Der Medizinstudierende schlüpft in die Rolle des Arztes/der Ärztin und tritt dem Szenario erst bei, wenn dieser von den Pflegefachschüler:innen gerufen wurde. Gemeinsam erfolgt nun die Stabilisierung des/der virtuellen Patient:in.

Abschließend folgt wie in der Schockraumsimulation ein virtuelles Debriefing an dem alle Teammitglieder teilnehmen.



Um die unterschiedlichen Wissens- und Erfahrungsstände im Laufe der ärztlichen Aus- und Weiterbildung und sowohl Grundlagen erlernen als auch komplexe Szenarien trainieren zu können, fiel die Entscheidung nach Abstimmung mit dem Expertengremium auf 7 häufige Notfallsituationen die über die virtuellen Patient:innen simuliert werden. Für die detaillierte Ausarbeitung der virtuellen Patient:innen wurden wichtige optische Merkmale, ein passender klinischer Verlauf mit aktueller Epikrise, Vorerkrankungen, Allergien, einem Medikamentenplan, aktuell geäußerte Beschwerden und Äußerungen während des Szenarios. Um möglichst komplexe Simulationen zu erzeugen, wurden die jeweiligen Notfallsimulation zudem nach Level in unterschiedliche Schwierigkeitsgrade eingeteilt. Die Auswahl der virtuellen Patient:innen kann entweder zufällig oder durch die Dozierenden erfolgen. Eine Zusammenfassung der Simulationsabläufe sind in Tabelle 5 beschrieben.

Notfall	Falldarstellung
Hypoglykämie (Level I)	Der virtuelle Patient Herr Atalay (55 Jahre) liegt am 8. postoperativen Tag nach Duodenohepatektomie nach Traverso-Langmire bei Pankreaskopfkarcinom und vorbekanntem Diabetes mellitus Typ II müde im Bett. Bei näherer Betrachtung fällt auf, dass der Patient kalkschweißig, sowie blass ist und verwirrt scheint. Er äußert starke Kopfschmerzen, Herzrasen und Übelkeit. Nun muss die Ursache erkannt und der Patient möglichst schnell stabilisiert werden: die wichtigste Maßnahme hier die Gabe von Glukose. Passiert dies kann der Patient bis zur kompletten Bewusstlosigkeit hypoglykämisch entgleisen.
Lungenembolie (Level II)	Die virtuelle Patientin Frau Kuhn (64 Jahre) liegt am 8. postoperativen Tag nach Ösophagektomie und Magenhochzug bei Ösophaguskarzinom auf der Normalstation. Bei neu aufgetretener akuter Luftnot klingelt die Patientin über die Notfallklingel. Die Patientin klagt über Brustschmerzen und atmet schnell und schwer. Bei genauerer Untersuchung der Patientin bestehen Zeichen einer tiefen Beinvenenthrombose rechts. Hier steht die symptomatische Therapie begleitet von ausreichender Diagnostik und schneller Einleitung einer ausreichenden Antikoagulation im Vordergrund.
Myokardinfarkt (Level II)	Die virtuelle Patientin Frau Kumar (56 Jahre) liegt am 3. postoperativen Tag nach Nierentransplantation bei dialysepflichtiger chronischer Niereninsuffizienz auf der Normalstation. Die Patientin meldet sich über die Notfallklingel bei allgemeinem Unwohlsein mit starker Übelkeit und Rückenschmerzen. Die Patientin wirkt kaltschweißig. Hier steht das schnelle Finden der Diagnose bei atypischem Verlauf und die Einleitung einer Herzkatheteruntersuchung im Vordergrund.
Mediainfarkt (Level II)	Die virtuelle Patientin Frau Läuter (72 Jahre) liegt am 9. postoperativen Tag nach Hemicolektomie rechts bei Colonkarzinom im Bereich des Colon ascendens auf der Normalstation. Beim Rundgang fällt eine Störung der Sprachproduktion auf. Bei genauerer Untersuchung zeigt sich eine brachiofaziale Hemisymptomatik. Hier steht das schnelle Finden der Diagnose und die symptomatische Therapie im Vordergrund.
Akute Blutung (Level III)	Die virtuelle Patientin Frau Schmidt (49 Jahre) liegt am 4. postoperativen Tag nach Hemihepatektomie rechts bei Lebermetastasen eines Sigmakarzinoms auf der Normalstation. Beim Rundgang fällt auf, dass der Patient sehr schwach wirkt. Das Hautkolorit ist blass, die einliegende Robinsondrainge fällt nach Aufschlagen der Bettdecke mit stark blutiger Fördermenge auf. Bei fehlender Entscheidung zur operativen Revision rutscht die Patientin schnell in einen hämorrhagischen Schock. Hier ist schnelles Handeln erforderlich, um den Patienten zu stabilisieren und der notwendigen Therapie zukommen zu lassen.
Reanimation (Level IV)	Der virtuelle Patient Herr Andersson (74 Jahre) liegt am 6. postoperativen Tag nach Whipple-Operation bei Pankreaskopfkarcinom auf der Normalstation. Der Patient wird bewusstlos ohne Atmung und Puls neben dem Bett liegend aufgefunden. Schnellstmöglich muss eine Reanimation eingeleitet werden, um einen return of spontaneous circulation (ROSC) zu erreichen.
Myokardinfarkt (Level V)	Der virtuelle Patient Herr Werner (65 Jahre) liegt am 3. postoperativen Tag nach Nierentransplantation bei dialysepflichtiger chronischer Niereninsuffizienz auf der Normalstation. Der Patient meldet sich mit stärkstem Druckschmerz auf der Brust mit Ausstrahlung in den linken Arm und Luftnot. Der Patient verschlechtert sich schnell bis zur Reanimationspflichtigkeit.

Tabelle 7: Zusammenfassende Darstellung der Simulationsabläufe der instabilen Patient:innen auf der Normalstation

Maßnahmen

Zur Stabilisierung der virtuellen Patient:innen sollen den Anwender:innen alle diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen zur Verfügung stehen, welche auch auf einer chirurgischen Normalstation möglich wären (Tabelle 6). Die Steuerung funktioniert analog zur VR-Simulation des Schockraumes.

Für jede Maßnahme existieren abhängig vom jeweiligen Szenario verschiedene Ergebnisse oder Auswirkungen. So zeigt ein 12 Kanal EKG bei der akuten Blutung eine Tachykardie, bei

der Lungenembolie Zeichen der Rechtsherzbelastung mit Tachykardie, beim Myokardinfarkt ST-Strecken Hebungen in infarktspezifischen Arealen, bei der Reanimation eine Asystolie und bei Mediainfarkt und Hypoglykämie einen Sinusrhythmus.

Pflegerische Maßnahmen	Ärztliche Maßnahmen
Anwesenheit an machen	Vitalparameter bestimmen
Akute Beschwerden erheben	Akute Beschwerden erheben
Patient:innen beruhigen	Patient:innen beruhigen
Inspektion	Inspektion
Symptome erkennen und interpretieren	Symptome erkennen und interpretieren
Vitalparameter messen	Monitoring einleiten/anlegen
Blutzucker messen	Sauerstoffgabe
Lagerung der Patient:innen	EKG anlegen/interpretieren
Monitoring anschließen	PVK in ausreichender Größe und Menge anlegen
EKG anlegen	Venöse Blutentnahme
Sauerstoffgabe	BGA interpretieren
Volumengabe	Lagerung der Patient:innen
Reanimation	Blutzucker Messung
Material für PVK/Blutentnahme	Volumengabe
Pflegefachkräfte hinzuziehen	Auskultation Lunge/Herz/Abdomen
Stationsarzt hinzuziehen	Indikationsgerechte Medikamentengabe
Übergabe der aktuellen Situation	Sonographie von Abdomen, Herz und Lunge
Notfallkoffer, Medikamente, Monitoring etc. holen	Atemwegssicherung
Verabreichen von Medikamenten nach Anordnung	Reanimation
Patient:innen wärmen	Transfusion
Glukosegabe oral	Diagnostische Scores kennen und anwenden
OP-Vorbereitung	OP-Vorbereitung
	Entscheidung der weiteren Versorgung (Bildgebung, Operation, Intensivstation, Normalstation)

Tabelle 8: Mögliche pflegerische und ärztliche Maßnahmen zur Versorgung der virtuellen Patient:innen

Patientenverlauf und Stabilisierung

Für die Erstellung der virtuellen Patient:innen wurden durch Fallbeispiele und durch die klinische Erfahrung des Expertengremiums instabiler Patient initiale Vitalparameter, der Verlauf der Vitalparameter und die Änderung durch eine adäquate Therapie aufgestellt.

Zudem wurde sich wie in der Schockraumsimulation für die Umsetzung der virtuellen Patienten und der Patientenphysiologie für den Einbau einer artifiziellen Physiologie-Engine „Pulse-Engine“ entschieden, welche für die in den Modulen vorkommenden Krankheitsbilder, orientiert an der eigenen Ausarbeitung zu den virtuellen Patient:innen, modifiziert und erweitert wurde.

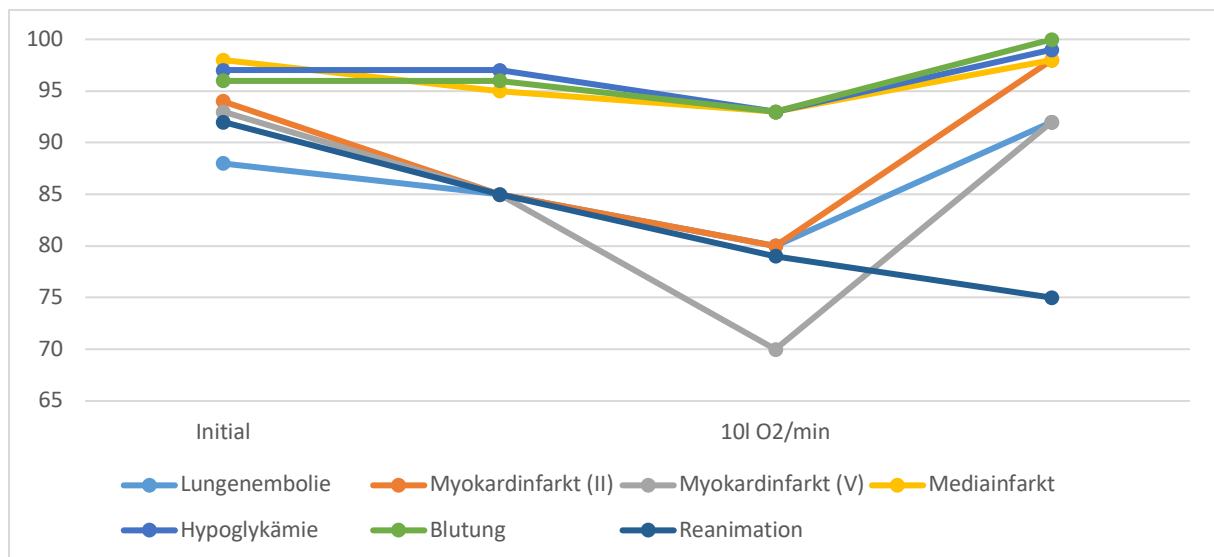


Abbildung 37: Beispielhafte Darstellung des simulierten Verlaufs der Sauerstoffsättigung über eine Dauer von 10 Minuten und deren Veränderung durch die Gabe von 10l O₂/min über die Maske

Im Rahmen der Stabilisierung der virtuellen Patient:innen stehen die Durchführung aller diagnostischen und stabilisierenden Basismaßnahmen, das Herausstellen einer Verdachtsdiagnose, die gute interprofessionelle Zusammenarbeit als Team und die Entscheidung zur weiteren klinischen Versorgung im Vordergrund.

Virtuelles Debriefing

Im Anschluss an die Simulation finden sich die Anwender:innen im Stationszimmer wieder. Hier erfolgt das virtuelle Debriefing, welches entweder gemeinsam mit dem Dozenten oder allein von den Anwender:innen durchgeführt werden kann. Im Debriefing sollten folgende Punkte thematisiert werden:

- Reflexion der eigenen Rolle und des Rollenverständnisses der anderen Teilnehmenden
- Adäquate und respektvolle Kommunikation
- Basismaßnahmen ergriffen
- Indizierte/Nicht indizierte Maßnahmen

Zur vollständigen fachlichen Analyse des Ablaufes der Simulation können Zeitstempel einzelner Handlungen eingesehen werden.

Darstellung der Räumlichkeiten und Avatare

Für die räumliche Darstellung wurde die Station 18 der Uniklinik Köln mit Patientenzimmern, Stationszimmer und Flur als Vorbild genommen. Das Stationszimmer dient hierbei auch als Raum für das spätere Debriefing.



Abbildung 38: virtuelle Nachbildung Station 18 UKK für die Simulation instabiler Patient auf der Normalstation

Die spielbaren Avatare sind wie auch in der Schockraumsimulation in Hautfarbe, Geschlecht und Größe konfigurierbar, um auch hier eine möglichst gute Identifikation mit dem virtuellen Avatar zu ermöglichen. Die virtuellen Patient:innen besitzen ein im Vorfeld divers gestaltetes, aber festgelegtes Erscheinungsbild, wodurch zu den Szenarien passende Patient:innen entstanden sind. Weitere Non-playable-characters wie unterstützende Pflegefachkräfte werden zufällig und divers gestaltet.



Abbildung 39: hypoglykämischer virtueller Patient auf der Normalstation

Pilotphase

Im Verlauf der agilen Software-Entwicklung erfolgte eine Pilotphase. Hierbei wurde am Ende des Entwicklungsprozesses eine repräsentative Gruppe aus freiwilligen Studierenden zusammengetragen, um mit Hilfe von kurzen Evaluationsfragebögen zum einen das Interesse an der Einbindung der VR-Module zu überprüfen und zum anderen noch bestehende Fehler identifizieren zu können.

An der Pilotphase nahmen insgesamt 32 Studierende der Humanmedizin teil, welche eine Einbindung der Module positiv bewerteten und den aufregenden Spielecharakter der Anwendungen als neues Lehrangebot als aussichtsreich herausstellten.

Durch ausgewählte Mitglieder der Expertenkommissionen wurden die Anwendungen ebenfalls auf eine korrekte Darstellung hin überprüft und wenn nötig korrigiert.

4.1.6 Evaluation

Nach der Implementierung des VR-Moduls der topographischen Anatomie und der instabile Patient auf der Normalstation im Sommersemester 2025 erfolgte die Evaluation des Blockpraktikums Viszeralchirurgie.

Das Blockpraktikum findet sowohl im 7. als auch im 9. Semester statt und umfasst insgesamt 3 Tage. Die Einführung von Virtual Reality erfolgte im Sommersemester 2025 zunächst nur im Blockpraktikum für das 9. Semester. Am ersten Tag wurden die Studierenden am Vormittag mit in den OP-Saal genommen. Nachmittags wurden zwei Seminare gehalten zu den Themen innerklinische Notfälle und interprofessionelle Zusammenarbeit. Ab dem zweiten Tag erfolgte

die Aufteilung der Studierenden in Kleingruppen. Der eine Teil konnte zusammen mit Auszubildenden der Pflege im 3. Lehrjahr die VR-Simulation der instabile Patient auf der Normalstation durchlaufen, der andere Teil erhielt ein ähnliches Simulationstraining mit Schauspielpatient:innen, anschließend wurde gewechselt. Nachmittags erhielten ein Teil der die Studierenden ein weiteres Seminar zu Notfallmedizinischen Themen und der andere Teil konnten erste Erfahrungen in der Robotik sammeln. Am dritten Tag wurden die Gruppen vom letzten Nachmittag getauscht.

Im Rahmen des Blockpraktikums erfolgte die Erhebung im Rahmen einer abschließenden Onlineumfrage. Die Ergebnisse dieser formativen Evaluation dienen in ihrer Auswertung der Rückmeldung der Dozierenden und curricularen verantwortlichen. Eine freiwillige Evaluation nach jedem Kurs ist geplant, um nach nun erfolgter Einbindung der Virtual Reality die Zufriedenheit zu bemessen und andererseits durch die kontinuierliche Evaluation Schwächen schnell erkennen zu können und auf diese zu reagieren.

Im Rahmen dieser Umfrage wurden die durch die Studierenden wahrgenommene Struktur der Lehrveranstaltung, den Lernprozess, den Workload, das Dozierenden Verhalten, der Einsatz digitaler Medien und die Gesamteinschätzung erhoben. Diese Evaluation dient im ersten Schritt nach begonnener Implementierung des neuen Curriculums einen ersten Überblick über die Zufriedenheit der Studierenden darzustellen.

Es wurden 29 Studierende im Rahmen des Blockpraktikums im 9. Fachsemester mittels eines Evaluationsfragebogens online befragt. Über eine fünfstufige Likert Skala war es den Studierenden möglich Aussagen über das Blockpraktikum zu bewerten.

Von den Studierenden ordnen 72,4% die Lehrveranstaltung als Praktikum ein.

Das Blockpraktikum stellte für die Studierenden eine klar erkennbare Konzeption dar (4,66), das Tempo der Lehrveranstaltung war weder zu schnell noch zu langsam (3,10). Das Interesse der Studierenden wurde durch die Lehrveranstaltung an den Inhalten des Blockpraktikums gefördert (4,42) und die zur Verfügung gestellten Lehr- und Lernmaterialien wurden als hilfreich eingeschätzt (4,14). Die Studierenden sahen in den verwendeten Lehrmethoden eine deutliche Förderung des Lernprozesses (4,43). Der zeitliche Umfang der Lehrveranstaltung ließ sich in angemessener Zeit bewältigen (4,58). Auch die Dozierenden wurden durch die Studierenden äußerst positiv bewertet. Durch gute Vorbereitung auf das inhaltliche Themengebiet (4,86) in einer anregenden Arbeitsatmosphäre (4,89) werden Sachverhalte durch die Dozierenden verständlich dargestellt (4,74) und Zusammenhänge innerhalb des Themas (4,67) mit Querbezügen außerhalb der Lehrveranstaltung (4,67) verdeutlicht.

Durch den Einsatz digitaler Tools und Medien wird der Lernprozess in den Augen der Studierenden gefördert (4,81). Insgesamt äußerten die Teilnehmer eine hohe Zufriedenheit mit dem viszeralchirurgischen Blockpraktikum (4,64).

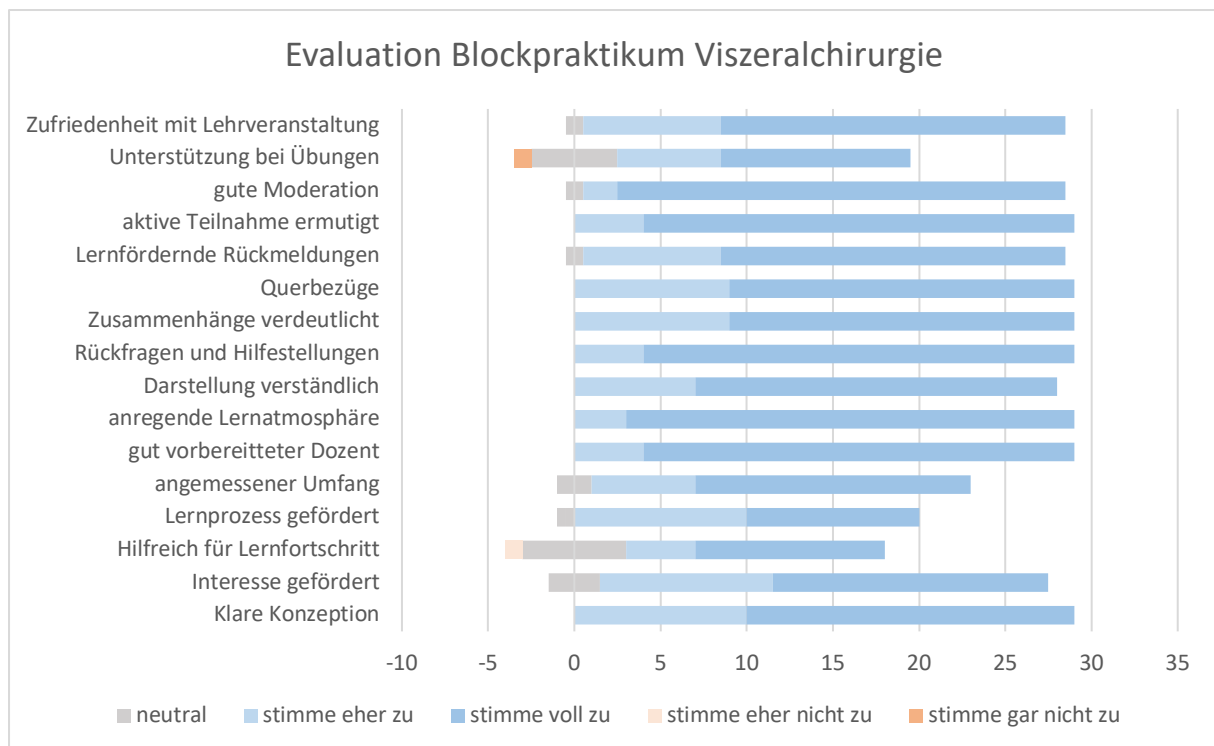


Abbildung 40: Darstellung der Auswertung der Evaluation des Blockpraktikums Viszeralchirurgie im Sommersemester 2025 nach Integration von Virtual Reality Modulen

Eine summative Evaluation erfolgt aktuell teilweise bereits eingebunden in die unterschiedlichen Virtual Reality Module: Modul Leistenkanal und Bursa omentalis der Anatomischen Module verfügen über einen integrierten Quizmodus, in welchem die gelehrt Inhalte selbstständig durch die Anwender:innen geprüft werden können, bei den virtuellen Operationssimulationen wird durch Angabe von Fehlerhäufigkeit und Genauigkeit ebenfalls der Lernfortschritt gemessen.

Im weiteren Verlauf des Projektes surgical tracks sind für alle hier dargestellten Virtual Reality Module mono- und multizentrische randomisierte kontrollierte Studien geplant, um den Lernerfolg mit Virtual Reality zu messen und weitere personelle, finanzielle und zeitliche Unterstützungen des Projektes zu erlangen.

5. Diskussion

Diese Arbeit stellt die Entwicklung eines Virtual Reality basierten Curriculums dar, was die Struktur, den Inhalt, die Programme, Hardware und schließlich die Umsetzung beinhalten, um durch erfahrungsbasierte Lehre einen realistischen und nachhaltigen Wissenszuwachs zu erlangen. Durch die Analyse des Bedarfs mit Hilfe von Fokusgruppen und vor allem der Online-Umfrage mit über 200 Teilnehmenden der Zielgruppe wurden Schwerpunkte gesetzt. Hierdurch konnten drei Themenbereiche herauskristallisiert werden, die zum einen von der Umsetzung in der Virtual Reality besonders profitieren und zum anderen einen eklatanten Mangel im bisherigen Curriculum zeigten. Die Anatomie profitiert ideal von der dreidimensionalen Darstellung in der Virtual Reality und kann durch klinisch Relevante Quervernetzungen langfristige Wissensvermittlung ermöglichen. Als Basis für die chirurgische Ausbildung stellt ein profundes anatomisches Wissen eine wichtige Grundlage dar. Spielerisch vermittelt kann Anatomie im chirurgisch relevanten Kontext ergänzend zum bestehenden Curriculum eigenständig erlernt und wiederholt werden. Das Themengebiet der interprofessionellen Lehre konnte durch eine Analyse des bestehenden Curriculums, den formalen Anforderungen an die medizinische Ausbildung, einer ausgiebigen Literaturrecherche und der Bedarfsanalyse mittels RIPLS Fragebogen als elementar für die medizinische Ausbildung dargestellt werden, wird allerdings massiv unterrepräsentiert.

Durch ein innovatives Konzept zur Einbindung interprofessioneller Lehre konnten altbekannte Strukturen und Barrieren schließlich überwunden werden, um die Ausbildung medizinischer Teams zu stärken. Als eine der wichtigsten Erkenntnisse der durchgeführten Umfrage konnte gezeigt werden, dass sich der überwältigende Anteil der Studierenden auch in fortgeschrittenen Semestern die Behandlung klassischer Notfallsituation und kritisch kranker Patienten nicht zutraut.

Eine ausgiebige inhaltliche und strukturelle Analyse und die Zusammenarbeit mit 4 Expertengruppen führte schließlich zu detaillierten Konzepten, durch welche die Softwareentwicklung der Virtual Reality Simulationen erfolgreich betrieben werden konnte.

Mit Hilfe der curricularen Verantwortlichen wurden zeitliche und finanzielle Ressourcen für die Implementiert akquiriert und das *Center for Medical Innovation and Technology* (CeMIT) aufgebaut. Schließlich konnte mit der ersten Phase der Evaluation im Rahmen des Blockpraktikums Chirurgie gezeigt werden, dass die Virtual Reality Simulationen positiv von den Studierenden angenommen werden und eine sinnvolle Ergänzung zum bestehenden Curriculum der medizinischen Ausbildung darstellen.

Durch Virtual Reality basierte Simulationen konnte eine sichere Lernumgebung geschaffen werden, die gleichzeitig durch das hohe Maß an Interaktivität realitätsnah wirkt. Durch die Einbindung dieser drei Schwerpunkte konnte ein Curriculum erstellt werden, welches Virtual Reality basiertes Lernen über das gesamte Studium und darüber hinaus sinnvoll integriert.

Hierdurch werden zukünftig über die gesamte medizinische Ausbildung hinweg Virtual Reality basierte Lehrsimulationen im Rahmen der chirurgischen Lehre im Curriculum der Universität zu Köln integriert sein.

Für eine erfolgreiche und langfristige Einbindung dieser Lehrsimulationen müssen die passenden Einsatzgebiete und Lehrinhalte optimal auf die Zielgruppe abgestimmt werden. Vor allem durch die Integration neuer Technologien bleibt nicht nur die finanzielle Frage, auch ist eine eingängige und intuitive Steuerung und die richtige Lehrumgebung unumgänglich, um den Einstieg in das neue Lehrmedium zu erleichtern.

5.1 Virtual Reality zum Lernen medizinischer Inhalte

Virtual Reality bietet vielfältige Möglichkeiten in eine immersive Welt einzutauchen. Als populäres Medium in Videospielen, können durch die geschaffene Immersion auch relevante Situationen im klinischen Alltag erstellt und dadurch trainiert werden. Limitationen bestehen durch die fehlende Haptik vornehmlich bei praktischen Tätigkeiten.³⁸ Daher eignet sich Virtual Reality vor allem zur Simulation von Abläufen und dem Training der Entscheidungsfindung. Da durch die in Virtual Reality Anwendungen entstehende Immersion ein nahezu realistisches Gefühl in der Situation geschaffen werden kann, besteht der Vorteil vor allem in der Darstellung komplexer dreidimensionaler Lagebeziehungen und im Training von Stresssituationen.¹² Diese können meist nur Ressourcen und Zeitintensiv trainiert werden, indem zum Beispiel mit Hilfe von Schauspielpatient:innen bestimmte Situationen nachgestellt werden.⁶⁰ Durch Virtual Reality steigert sich die Immersion der Trainingssimulation bei einem hohen Maß an Standardisierung und kann nach der ressourcenintensiven Planungs- und Entwicklungsphase bei ausreichend ausgestatteten Lernumgebungen schließlich ressourcensparend im Lehralltag integriert werden.⁶¹

Im Rahmen der für diese Arbeit durchgeführte Umfrage der Bedarfsanalyse forderten die Studierenden das vermehrte Einbinden neuer Medien und Virtual Reality basierten Lehrformaten ergänzend in der universitären Lehre.

Durch die erste Einbindung unserer VR-Simulationen im Blockpraktikum Viszeralchirurgie des Sommersemesters 2025 konnte eine hohe Zufriedenheit mit dem neuen Blockpraktikum gezeigt werden. Insbesondere die neu integrierten VR-Anwendungen führten nach Einschätzung der Studierenden zu einer Förderung des Lernprozesses. Auch in den zahlreichen Pilotbefragungen im Rahmen der Implementierungsphase der VR-Anwendungen wurde durch die Tester vorwiegend der Spaß beim Lernen herausgestellt.

Die Studienlage hierzu zeigt sich noch uneindeutig in Bezug auf Wissenszuwachs und objektiven Lernerfolg, wobei häufig mindestens eine Gleichwertigkeit besteht.⁶² Mit zunehmend besseren Technischen Gegebenheiten und der wachsenden Popularität von Virtual Reality berichten immer mehr Studien auch positive Ergebnisse im Rahmen der

medizinischen Ausbildung. So konnten Behmadi et al. zwar nicht zeigen, dass das Lernen mit Virtual Reality zu besseren Ergebnissen führt als traditionelles Lernen, jedoch eine signifikant höhere Zufriedenheit der Studierenden mit dem Lernen mit Virtual Reality Simulationen im Vergleich.⁶³ Maresky et al. zeigten, dass durch die Anwendung einer Virtual Reality Simulation des Herzens auch ein objektiver Lernerfolg mit VR-Simulationen möglich ist.⁶⁴

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Virtual Reality basierten Simulationen ermöglichen den Studierenden damit in einer realitätsnahen Umgebung vor allem das Erlernen von Wissen und nicht-technischer Fertigkeiten mit einer hohen Zufriedenheit der Lernenden.

Trotzdem stößt man bei der Implementierung von Virtual Reality auf vielfältige Probleme. Eine ausreichende Finanzierung ist durch die kostenintensive Entwicklung und Hardware notwendig. Optimal ist die Einrichtung fester Virtual Reality Arbeitsplätze um einen einfachen Zugriff auf das Medium zu ermöglichen. Ein geeigneter Einführungszeitraum sollte gewährleistet werden, da, wie in der Bedarfsanalyse gezeigt werden konnte, die meisten Studierenden oder Auszubildenden keine regelmäßigen Erfahrungen mit Virtual Reality haben.

5.1.1 (Erfahrungsbasiertes und immersives) Lernen und Feedback

Lernen in der Virtual Reality erzeugt durch realistische und immersive Simulationen ein hohes Maß an Präsenzgefühl bei den Anwender:innen.¹³ Neben den positiven Aspekten möglichst realistischer und immersiver Simulationen entstehen durch Fehler oder Scheitern der Simulation mitunter auch negative Gefühle. Um einen Lernerfolg und eine positive Lernerfahrung zu erzielen, wurden die entwickelten Virtual Reality Anwendungen daher an die Studierenden angepasst sein, indem unterschiedliche Schwierigkeitsgrade und die horizontale Einbindung über die gesamte medizinische Ausbildung eine Lernkurve ermöglichen.

Zu erfahrungsbasiertem Lernen zählt Feedback im Rahmen eines Debriefings als Essenzieller Baustein. Feedback ist für das Lernen klinischer Fähigkeiten ein wichtiger Faktor.⁶⁵ Im Rahmen von Simulationstrainings wird durch das Nachbereiten des Erlebten auf unterschiedlichen Ebenen eine Reflexion ermöglicht. Auf fachlicher, zwischenmenschlicher, kommunikativer und emotionaler Ebene erfolgt die Auseinandersetzung mit dem zuvor erlebten.⁵⁹ Geschultes Personal und eine vertrauensvolle Lernumgebung sind für konstruktives Feedback und eine erfolgreiche Nachbereitung wichtig.⁵⁹ Vor allem emotional aufgeladene Situation wie dem Tod des virtuellen Patienten sollten zunächst begleitet werden.⁵⁹

Die entwickelten Virtual Reality Anwendungen stellen neben einem objektiven Feedback (Punktesystem, Zeitleiste, richtige Entscheidungen) auch den Raum für das virtuelle Debriefing.

5.1.2 Virtual Reality in der Anatomie und Chirurgie

Virtual Reality zeichnet sich durch die Besonderheit der dreidimensionalen Darstellung aus. Die anatomische Lehre stellt sich für das Fach der Chirurgie durch das Erlernen von ausgeprägtem topographischem Wissen als wesentliche Grundlage dar. Hilfreich sind hierbei mittlerweile nicht nur traditionelle Lernelemente wie Atlanten, Lehrbücher, Seminare und die Präparation am Körperspender, sondern auch die reguläre Einbindung digitaler Tools im Rahmen von Apps auf Tablets oder eigenständig auf dem Smartphone bei dem der menschliche Körper als dreidimensionales Modell gedreht und zerlegt werden kann.⁶⁶ Etabliert haben sich in diesen Bereichen bereits Anwendungen wie Visible Body oder Pocket Anatomy.⁶⁶

Eine Weiterentwicklung dessen kann Virtual Reality in der Anatomie erreichen, indem eine noch immersivere Interaktion mit dem dreidimensionalen Modell möglich wird. Triepels et al. konnten in einer Metaanalyse zeigen, dass die dreidimensionale Visualisierung der menschlichen Anatomie eine effektive Lehrmethode darstellt, insbesondere im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden.⁶⁷ Auch hier konnte erneut die positive Einstellung der Studierenden gegenüber neuen alternativen Lehrmethoden gezeigt werden.⁶⁷

Ziel der Entwicklung der anatomischen Virtual Reality Anwendungen war es diese Vorteile von Virtual Reality nicht auf ein Organ zu übertragen, sondern bestimmte anatomische Bereiche des menschlichen Körpers dezidiert, neu und in einem chirurgischen Kontext darzustellen. Durch die Teleportation des Anwenders der entwickelten Virtual Reality Simulation in den Leistenkanal und die Bursa omentalis entsteht eine neue Sichtweise auf die anatomischen Verhältnisse und Lagebeziehungen, durch das Einbinden standardisierter interaktiver Elemente und umfassende Quizfragen ist das komplett eigenständige Lernen auch ohne Dozenten möglich. Besonders die Darstellung von komplexen inneren Strukturen und die Einbindung klinisch relevanter Inhalte kann zu einer besseren Aufnahme in das Langzeitgedächtnis führen.⁶⁸

In den entwickelten anatomischen Simulationen der Bursa omentalis und des Leistenkanals zeigte sich in den Pilotphasen unter den Teilnehmenden eine eindeutige Favorisierung der Virtual Reality Anwendung im Vergleich zur identischen Anwendung auf dem PC als zweidimensionales klassisches „Computerspiel“.

In einer Metaanalyse aus dem Jahr 2024 konnte ebenfalls gezeigt werden, dass Studierende, die mit Virtual oder Augmented Reality (XR) das Fach Anatomie erlernten, dies nicht nur als nützlich empfinden, sondern auch im Vergleich zu traditionellen Lerneinheiten wie Fachliteratur, Vorlesungen oder Seminaren bessere Ergebnisse des erlernten Wissens erzielen.⁶⁹ Diese XR-Technologien zeigen einen besonders großen Effekt, wenn sie als zusätzliche Lerneinheit bereitgestellt werden.⁶⁹

Auch im Bereich chirurgischer Simulationen steigt das Interesse im Bereich der Virtual Reality. Durch die Simulation einzelner Operationen können vor allem junge und weniger erfahrene Chirurg:innen in einer für sie und die Patient:innen sicheren Umgebung trainieren. Unterschiedliche Studien konnten dadurch bereits zeigen, dass sich durch das Training in der Virtuellen Realität anschließend eine Verbesserung der operativen Performance und dem Auftreten von Fehlern zeigen konnte.^{70,71} Damit zeigt sich, dass insbesondere früh in der Ausbildung von Chirurg:innen VR-Simulationen sinnvoll eingesetzt werden können.

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten chirurgischen Simulationen zielen allerdings weniger auf das Training des chirurgischen Handwerks an sich ab, sondern stellen sich eher als virtueller und interaktiver Operationsatlas dar. Dadurch soll schon früh im Studium ein Grundlegendes Wissen über den Ablauf und das chirurgische Vorgehen weit verbreiteter viszeralchirurgischer Operationen erlangt und später in der chirurgischen Ausbildung Sicherheit des prozeduralen Vorgehens geschaffen werden. Pulijala et al. konnten zeigen, dass Virtual Reality basiertes Training die Sicherheit bei großen chirurgischen Eingriffen deutlich steigert im Vergleich zu alternativen Trainingsmethoden.⁷²

5.1.3 Interprofessionelle Lehre – die Ausbildung eines medizinischen Teams

Im Rahmen der medizinischen Ausbildung fehlt es an interprofessioneller Lehre. Das Arbeiten im medizinischen interdisziplinären und vor allem interprofessionellen Team stellt eine wichtige Fähigkeit für den klinischen Alltag und eine effektive Patientenversorgung dar.^{20,21}

Im Rahmen der durchgeführten Umfrage gaben knapp dreiviertel der Teilnehmenden an keine oder nur in sehr geringem Umfang interprofessionelle Lehre zu erleben.

In der durchgeführten Umfrage konnte mit Hilfe des RIPLS Fragebogen eine positive Einstellung zur interprofessionellen Lehre gezeigt werden. Allerdings zeigten Schmitz et al., dass der RIPLS die Anwender:innen verleitet in einer sozial anerkannten Art die Fragen zu beantworten.⁷³ Zudem fehlt es an Sensitivität Veränderungen vor und nach einer Intervention ausreichend zu messen.⁷³ Daher sollten die Ergebnisse des RIPLS Fragebogens stets kritisch betrachtet werden. Unabhängig von dem Ergebnis des RIPLS Fragebogens zeigte sich als eine der wichtigsten Erkenntnisse der durchgeführten Umfrage im Rahmen der Bedarfsanalyse, dass auf Seiten der Studierenden und Auszubildenden der einheitliche Wunsch nach einem Ausbau interprofessioneller Lehre besteht.

Auch in Rücksprache mit Beteiligten der medizinischen Lehre und pflegerischen Ausbildung wird ein Ausbau bzw. der Beginn interprofessioneller Lehre und damit die Ausbildung medizinischer Teams stark befürwortet.

Um interdisziplinäre Lehre zu fördern, besteht in der Virtual Reality Simulation *Schockraum* die Möglichkeit als interdisziplinäres Team verschiedener Fachrichtungen

zusammenzuarbeiten. Zur Verbesserung der interprofessionellen Lehre kann in der Virtual Reality Simulation *instabiler Patient* in einem Team aus Medizinstudierenden und Pflegeschüler:innen trainiert werden.

Unabhängig der thematischen Inhalte stellen Multiplayer basierte Virtual Reality Simulationen komplett neuartige Lehrumgebungen und Trainingskonzepte in der medizinischen Lehre ein völlig neues Konzept dar. Creutzfeldt et al. stellten als eine der wenigen Multiplayer basierten Anwendungen eine Virtual Reality Simulation zum Training der Reanimation vor.⁷⁴ Interprofessionelle Virtual Reality Simulationen stellen die Möglichkeit dar Interprofessionelle Lehre zu fördern und dadurch nicht nur ein besseres Verständnis für die eigene Rolle im Team zu erlangen, sondern auch durch ein besseres Verständnis der Rolle der restlichen Mitglieder eines medizinischen Teams und den gemeinsamen Austausch eine gute Zusammenarbeit zu ermöglichen.²²

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Training in der virtuellen Realität als Team stellt eine umfassende und völlig neuartige Art der Ausbildung medizinischer Teams dar. Mit bis zu drei Spielern können durch die Studierenden virtuelle kritisch kranke Patient:innen gemeinsam stabilisiert und behandelt werden. So kann nicht nur Faktenwissen angewandt werden, sondern die effektive Zusammenarbeit und Kommunikation untereinander trainiert werden. Beim Erlernen praktischer klinischer Fertigkeiten konnte gezeigt werden, dass ein essenzieller Bestandteil das gegenseitige Beobachten und Helfen unter den Studierenden darstellt.⁷⁵ Dies wird durch die Funktion des Multiplayers in unserer Anwendung unterstützt.

Im Kontext der interprofessionellen Ausbildung kommt der Gestaltung der Avatare in der Virtual Reality einer besonderen Bedeutung zu. Abhängig vom Aussehen der Avatare fallen die Reaktionen der anderen, das eigene Verhalten und das Präsenzerleben in der Virtual Reality unterschiedlich aus.⁷⁶ Daher erfolgte die Festlegung auf simple Avatare, die in Geschlecht und Hautfarbe eigenständig erstellt werden können und so je nach eigener Vorliebe oder nach Wunsch auch randomisiert dargestellt werden können.

Durch das enorme Potenzial der Anwendungen konnten auch die Barrieren gemeinsamer Lehrveranstaltungen überwunden werden. Durch starkes Engagement auf Seiten der Pflegeschule als auch der curricularen Verantwortlichen der Chirurgie konnten für das Wintersemester 2025/26 erstmals gemeinsame Lehrveranstaltungen geplant werden. Erste Durchführungen zeigen jedoch, dass der aktuell mögliche zeitliche Umfang noch nicht ausreicht, Studierende und Auszubildene gemeinsam effektiv lernen zu lassen. Eine weitere Ausweitung und stetige Verbesserung der gemeinsamen Lehrveranstaltungen sind zukünftig geplant.

5.1.4 Notfallmedizinische Lehre – Unsicherheiten abbauen, Abläufe stärken

Eine noch größere Rolle kommt Virtual Reality Simulationen in der notfallmedizinischen Lehre zuteil. Durch die Komplexität medizinischer Notfälle gepaart mit der zwingend schnellen Entscheidungsfindung besteht im klinischen Alltag eine geringe Fehlertoleranz. Eine sichere Lernumgebung für Patient:innen und Studierende kann durch Simulationen gewährleistet werden, indem Fehler ohne Konsequenzen bleiben und in einer erneuten Simulation behoben werden können.¹² Vor allem durch standardisierte Virtual Reality Simulationen kann diese beliebig oft wiederholt und das jeweilige Szenario trainiert werden.

Graber et al. konnten zeigen, dass Patient:innen sich aufgeschlossener zeigten von Medizinstudierenden untersucht zu werden, wenn sich diese vorab praktische Fähigkeiten durch ein Simulationstraining aneignen konnten.^{6,7}

Der sichere Umgang mit kritischen Situationen steigert allerdings nicht nur die Sicherheit der Patient:innen, sondern auch die des Mediziners.¹² Im klinischen Alltag wird von jungen Ärzt:innen meist früh ein hohes Maß von Verantwortung und Eigenständigkeit erwartet. In kritischen Situationen müssen schnell die richtigen Entscheidungen getroffen werden.

Die in dieser Arbeit durchgeführte Umfrage konnte zeigen, dass sich ein überwältigender Teil der Studierenden in kritischen Situationen, welche im späteren klinischen Alltag auf allen chirurgischen Stationen oder im Schockraum gehandhabt werden müssen, nicht oder überhaupt nicht sicher fühlt. Zeigt sich in dem Training von notfallmedizinischen Grundlagen noch ein hoher Anteil an praktischen Übungen im Rahmen der medizinischen und pflegerischen Ausbildung, fällt dieser beim Training spezifischer Notfälle deutlich ab.

Gerade bei dem hohen Anteil der Befragten im klinischen Studienabschnitt kurz vor oder sogar im Praktischen Jahr zeigt dies einen dringenden Handlungsbedarf, um sowohl die eigene Sicherheit im Umgang mit klinischen Notfällen zu erhöhen und die Patientensicherheit zu stärken. Eine deutliche Forderung nach vermehrter theoretischer, vor allem aber auch Einbindung praktischer Lerninhalte zu klinischen Notfällen und der Schockraumversorgung konnte durch die Umfrage ermittelt werden.

Durch die Erstellung der Virtual Reality Simulation *instabiler Patient und Schockraum* können die Studierenden in verschiedenen standardisierten Simulationen nicht nur das Management des jeweiligen Notfalls praktisch trainieren, sondern auch eine schnelle Entscheidungsfindung und die Zusammenarbeit und Kommunikation untereinander. Die große Stärke der Simulationen sind die Nähe zu realen Notfallsituationen: jede Entscheidung muss selbstständig getroffen werden, nicht vorhandene Materialien geholt werden und bestimmte Tätigkeiten bedürfen einer zeitlichen Dauer. Vielfältige Möglichkeiten der Diagnostik, medikamentöser und interventioneller Therapie ermöglichen fast alles, was in realen Notfallsituationen oder im Schockraum ebenfalls möglich und nötig ist. Der virtuelle Patient reagiert dementsprechend authentisch auf ergriffene oder eben nicht ergriffene Maßnahmen.

Durch diese Freiheit in der Interaktion mit der virtuellen Welt konnte in den Pilotbefragungen gezeigt werden, dass die Studierenden ein hohes Maß an Präsenz erleben, was durch den Multiplayeraspekt nochmal verstärkt wird. Das Potenzial im Training von Notfallsituationen mittels VR, wie es die Simulation instabiler Patient ermöglicht, wird zunehmend erkannt und in die medizinische Lehre integriert. So konnten Mahling et al. erfolgreich eine VR basierte Lernumgebung in der Notaufnahme etablieren.⁷⁷ Hier zeigte sich, dass sich die Mehrheit der Studierenden mit dem dort erlebten Szenario nicht sicher im Management des virtuellen Patienten fühlten.⁷⁷ Dadurch zeigt sich einmal mehr die enorme Wichtigkeit notfallmedizinisches Training weiter in sicherer Lernumgebung auszubauen, um die Sicherheit zukünftiger Ärzt:innen zu stärken und die Patient:innensicherheit zu verbessern.

Durch die in unseren entwickelten Virtual Reality Simulationen integrierten verschiedenen Schwierigkeitsgrade und der Möglichkeit der standardisierten Wiederholungen entsteht eine individuelle und auf den Studierenden zentrierte Lernanwendung.

Nicht trainiert werden können praktische Fertigkeiten durch die mangelhafte Übertragung der komplexen Bewegungen der Hände und dem Fehlen von haptischem Feedback.³⁸ Umgangen wird dies in den Simulationen zum Teil mittels sogenannten Non-playable-characters, also vom Computer gesteuertes medizinisches Personal. Aktuell werden zum Training praktischer Fähigkeiten weiter Modelle und die praktische Durchführung unter Supervision in stabilen Situationen die Möglichkeiten der Wahl darstellen.

Auch wenn es bereits wenige Virtual Reality basierte Simulationen zum Training von Notfallsituationen gibt, bietet bisher keine Simulation die Komplexität und den inhaltlichen Umfang der im Zuge dieser Arbeit entwickelten Anwendung. Besonders auf dem Gebiet der Virtual Reality basierten Schockraum-Simulationen besteht keine vergleichbare Anwendung. Zwar zeigten Harrington et al. eine VR basierte Simulation nach den Advanced Trauma Life Support (ATLS) Richtlinien, allerdings lediglich als Simulationsbasiertem fällen von Entscheidungen.⁷⁸

Die entwickelten Simulationen zum Training von Notfallsituationen stellen damit eine vielversprechende Basis für eine neuausgerichtete medizinische Ausbildung dar. Inwieweit diese langfristig von den Studierenden angenommen werden und ob dies objektiv zu einer Verbesserung der Ausbildung in diesem Bereich führt, bedarf weiterer Untersuchungen.

5.2 Limitationen und Ausblick

Das entwickelte Curriculum zeigt Limitation die sowohl die Anwendung von Simulationen im Allgemeinen als auch die Einbindung von Virtual Reality vereinen.

In der virtuellen Realität ist das haptische Feedback stark limitiert.³⁸ Erste Anwendungen können mit Bewegungserkennung der Hände für eine Bewegungsübertragung und mit Vibrationen für ein angedeutetes haptisches Feedback sorgen.³⁸ Praktische Fähigkeiten,

insbesondere feines Arbeiten können daher nur schwer mit Hilfe von Virtual Reality Anwendungen trainiert werden.

Weiter bleiben Virtual Reality Simulationen zumindest im Entwicklungsprozess Ressourcenintensiv.⁶¹

Auch kann echter Patientenkontakt durch Simulationen nicht ersetzt, sondern nur ergänzt werden. Ein Bias entsteht allein dadurch, dass die Anwender:innen im Rahmen einer Simulation immer damit rechnen, dass es zum Auftreten einer kritischen Situation kommt. Weiterhin fehlt teilweise die Notwendige Ersthäftigkeit gegenüber der Situation im Rahmen von Simulationen.⁶⁹ Mit zunehmender Immersion und Präsenzgefühl der Anwender:innen wird dieses Problem auch durch technische Fortschritte zukünftig immer kleiner werden.

Häufig entstehen Limitationen durch die hohen Kosten. Nicht nur bei der Entwicklung der Software, auch die Bereitstellung der notwendigen Hardware und geeignete räumliche Ressourcen definieren den Umfang und Erfolg der Virtual Reality Simulationen entscheidend mit. Durch geeignete finanzielle Mittel und die Unterstützung der curricularen Verantwortlichen konnten mit Entwicklung des CeMIT sowohl räumliche als auch prozedurale Limitationen abgebaut werden.

Allerdings bleiben durch technische Weiterentwicklung und bei zunehmender Einbindung der Virtual Reality Anwendungen stetig finanzielle Verpflichtungen bestehen, um langfristig den Erfolg des Curriculums zu gewährleisten.

Aktuell konnte in einer ersten Evaluation zwar gezeigt werden, dass die entwickelten Virtual Reality Simulationen positiv von den Studierenden angenommen werden, es gilt allerdings noch zu untersuchen, inwieweit auch ein positiver Lernerfolg themenbezogen gezeigt und deren Bedeutung im Rahmen der medizinischen Ausbildung verifiziert werden kann. Zwar wächst die Studienlage bezogen auf VR-basierte medizinische Lehre stetig, auf Grund der Komplexität solcher Studien sind diese allerdings häufig mit einer geringen Anzahl an Proband:innen und lassen keine adäquate Kontrollgruppe erkennen.⁷⁹

Die Performance und auch die Akzeptanz von Virtual Reality basierten Lehrformaten muss für eine erfolgreiche und langfristige Integration in die medizinische Lehre in Deutschland weiter untersucht werden. Insbesondere werden hier zwei Kernpunkte ausschlaggebend sein: eine hohe Zahl an Proband:innen muss eingeschlossen werden und eine gute Kontrollgruppe. Hierfür bedarf es komplexe randomisierte Studien mit einer hohen Teilnehmendenzahl, einer guten Kontrollgruppe und wohl überlegter Planung, um eine valide Aussage zu gewährleisten. Neben der chirurgischen Ausbildung ist auch die Einbindung weiterer Fachdisziplinen denkbar, um das bestehende Virtual Reality basierte Curriculum zu erweitern.

Eine Gesamtauswertung des Virtual Reality basierten Curriculums wird erst nach Abschluss der ersten Kohorte möglich werden. Da sich das Curriculum über den gesamten Verlauf der

medizinischen Ausbildung erstreckt kann frühestens sechs Jahre nach Einbindung des Curriculums mit ersten Ergebnissen gerechnet werden.

5.3 Eigener Anteil

Im Rahmen dieser Arbeit erfolgte zur Erstellung eines Virtual Reality basierten Curriculums die Entwicklung von vier Virtual Reality Anwendungen.

Beginnend mit einer umfassenden Literaturrecherche, die Befragung von Fokusgruppen, sowie die Erstellung, Durchführung und Auswertung einer Bedarfsanalyse unter 224 Studierenden der Humanmedizin und Auszubildenden für Gesundheits- und Krankenpflege, konnte eine große Nachfrage in den Bereichen der Anatomie, interprofessionellen und Notfallmedizinischen Lehre ermittelt werden. Durch Literaturrecherche wurden übergeordnete und spezifische Lernziele aufgestellt und im Konsens durch die verschiedenen Expert:innen angenommen.

Anschließend erfolgte eine SWOT-Analyse zur Darstellung interner und externer Faktoren und die Planung des Entwicklungsprozesses mittels einer Projektzeitleiste und einem Projektstrukturplan in enger Rücksprache mit den Expert:innen.

Darauf aufbauend erfolgte die Analyse und Konzeptionierung der verschiedenen Virtual Reality Module. Hierbei wurden bezogen auf Steuerung, Avatare, räumliche Gestaltung, Simulationsablauf, virtueller Patient, Diagnostik- und Therapiemöglichkeiten jeweils verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten erarbeitet. Diese Ausarbeitung wurde wöchentlich in den online Treffen mit den Expert:innen diskutiert und schließlich ein passendes Konzept festgelegt und ausgearbeitet. Abschließend wurde die Zusammenstellung zu jeweils umfangreichen und detaillierten Konzepten erarbeitet, um dies im Zuge agiler Softwareentwicklung durch externe Entwickler umzusetzen. Im Rahmen dieses Prozesses wurde gemeinsam mit weiteren Studierenden mehrere Pilotphase durchgeführt, um die Simulationen zu unterschiedlichen Zeitpunkten zu testen und agil im Entwicklungsprozess anpassen zu können.

Schließlich konnte im Rahmen des Blockpraktikums Viszeralchirurgie im Sommersemester 2025 erstmals die Einbindung von Virtual Reality in die medizinische Lehre stattfinden. Im Zuge dessen wurden erste Evaluation unter 29 Studierenden ausgewertet.

5.4 Schlussfolgerung

Durch die Entwicklung eines Virtual Reality basierten Curriculums mit vertikaler Integration von chirurgischen und anatomischen Grundlagen über das gesamte Studium hinweg, konnten erstmalig Virtual Reality Simulationen durch Analyse, Entwicklung, Implementierung und

Evaluation mit Hilfe des Kern-Curriculums in das bestehende medizinische Curriculum integriert werden.

Durch die entwickelten immersiven Simulationen kann mehr dringend benötigte praktische Erfahrung gesammelt werden: durch neue Blickwinkel können komplexe anatomische Lagebeziehungen im klinischen Kontext betrachtet erlernt, notfallmedizinische Fähigkeiten können in kritischen Situationen trainiert und interprofessionelles Arbeiten gefördert werden.

Dieses Curriculum stellt in seiner Form ein deutschlandweit einzigartiges Lehrangebot zur Verfügung. Durch zukünftige Forschungsprojekte und technische Weiterentwicklung kann auf eine stetige Erweiterung des gehofft werden.

6. Literaturverzeichnis

- 1 Bundesministerium für Bildung und Forschung. Masterplan Medizinstudium 2020. 2017; published online March 31. <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/masterplan-medizinstudium-2020.html> (accessed Nov 26, 2021).
- 2 Wissenschaftsrat. Empfehlungen der Expertenkommission zum Masterplan Medizinstudium 2020. 2018; published online Sept 21. <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/7271-18.pdf> (accessed Nov 26, 2021).
- 3 Bundesamt für Justiz. Approbationsordnung für Ärzte. vom 27. Juni 2002 (BGBl. I S. 2405), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 7. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 148) geändert worden ist. 2002.
- 4 Hibbeler B. Modellstudiengänge: Bausteine für ein gutes Studium. *Ärzteblatt* 2014; **1**: 7–8.
- 5 Ruotsalainen P, Blobel B. The new role of patients in future health settings. *Stud Health Technol Inform* 2015; **211**: 71–8.
- 6 Graber MA, Pierre J, Charlton M. Patient Opinions and Attitudes toward Medical Student Procedures in the Emergency Department. *Academic Emergency Medicine* 2003; **10**: 1329–33.
- 7 Graber MA, Wyatt C, Kasperek L, Xu Y. Does Simulator Training for Medical Students Change Patient Opinions and Attitudes toward Medical Student Procedures in the Emergency Department? *Academic Emergency Medicine* 2005; **12**: 635–9.
- 8 Akaike M, Fukutomi M, Nagamune M, *et al.* Simulation-based medical education in clinical skills laboratory. *J Med Invest* 2012; **59**: 28–35.
- 9 Bravo E, Amante B, Simo P, Enache M, Fernandez V. Video as a new teaching tool to increase student motivation. In: 2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Amman, Jordan: IEEE, 2011: 638–42.
- 10 Kleinert R, Fuchs C, Romotzky V, *et al.* Generation Y and surgical residency – Passing the baton or the end of the world as we know it? Results from a survey among medical students in Germany. *PLoS ONE* 2017; **12**: e0188114.
- 11 Strahinger S, Leyh C, editors. Gamification und Serious Games: Grundlagen, Vorgehen und Anwendungen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017 DOI:10.1007/978-3-658-16742-4.
- 12 Hussein M, Nätterdal C. The Benefits of Virtual Reality in Education- A comparison Study. 2015; published online July 20.
- 13 Liberatore MJ, Wagner WP. Virtual, mixed, and augmented reality: a systematic review for immersive systems research. *Virtual Reality* 2021; **25**: 773–99.

- 14 Bertram J, Moskaliuk J. Virtual training: Making reality work? Computers in Human Behavior. *Computers in Human Behavior* 2015; **43**: 284–92.
- 15 Solyar A, Cuellar H, Sadoughi B, Olson TR, Fried MP. Endoscopic Sinus Surgery Simulator as a teaching tool for anatomy education. *The American Journal of Surgery* 2008; **196**: 120–4.
- 16 Allen LK, Bhattacharyya S, Wilson TD. Development of an interactive anatomical three-dimensional eye model. *Anatomical Sciences Ed* 2015; **8**: 275–82.
- 17 Eggers R, König P, Busch LC, Westermann J. Anatomie als Wissensbasis. *Dtsch Arztebl* 2007; **18**: 1221–4.
- 18 Kaap-Fröhlich S, Ulrich G, Wershofen B, et al. Position paper of the GMA Committee Interprofessional Education in the Health Professions – current status and outlook. *GMS Journal for Medical Education* 2022; **39**. DOI:10.3205/ZMA001538.
- 19 Lumague M, Morgan A, Mak D, et al. Interprofessional education: The student perspective. *Journal of Interprofessional Care* 2006; **20**: 246–53.
- 20 World Health Organization HPNN& MHR for H. Framework for action on interprofessional education and collaborative practice. 2010. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/d743ea4e-8c14-493c-b3a5-1a0022e6ce54/content> (accessed June 23, 2023).
- 21 Barker KK, Oandasan I. Interprofessional care review with medical residents: Lessons learned, tensions aired – A pilot study. *Journal of Interprofessional Care* 2005; **19**: 207–14.
- 22 Board on Global Health, Committee on Measuring the Impact of Interprofessional Education on Collaborative Practice and Patient Outcomes, Institute of Medicine. Measuring the Impact of Interprofessional Education on Collaborative Practice and Patient Outcomes. Washington, D.C.: National Academies Press, 2015.
- 23 Bundesministerium für Gesundheit. Verordnung zur Neuregelung der ärztlichen Ausbildung. 2023 https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/Gesetze_und_Verordnungen/GuV/A/AEApprO_RefE_ueberarbeitet.pdf (accessed June 4, 2024).
- 24 Interprofessional Education Collaborative. IPEC Core Competencies for Interprofessional Collaborative Practice: Version 3. Washington, D.C., 2023 https://www.ipeccollaborative.org/assets/core-competencies/IPEC_Core_Competencies_Version_3_2023.pdf (accessed Dec 3, 2024).
- 25 Thomas PA, Kern DE, Hughes MT, Tackett SA, Chen BY, editors. Curriculum development for medical education: a six-step approach, Fourth edition. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2022.
- 26 Parsell G, Bligh J. The development of a questionnaire to assess the readiness of health care students for interprofessional learning (RIPLS). *Medical Education* 1999; **33**: 95–100.
- 27 Fleming ND. Teaching and Learning Styles: VARK Strategies, 1st ed. Christchurch, N.Z.: N. Fleming, 2001.

- 28 Mahler C, Rochon J, Karstens S, Szecsenyi J, Hermann K. Internal consistency of the readiness for interprofessional learning scale in German health care students and professionals. *BMC Med Educ* 2014; **14**: 145.
- 29 Schawel C, Billing F. Top 100 Management Tools: Das wichtigste Buch eines Managers Von ABC-Analyse bis Zielvereinbarung. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2012 DOI:10.1007/978-3-8349-4105-3.
- 30 Wischniewski E. Modernes Projektmanagement: PC-Gestützte Planung, Durchführung und Steuerung Von Projekten, 7th ed. Wiesbaden: Springer Vieweg. in Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2001.
- 31 Damij N, Damij T. An Approach to Optimizing Kanban Board Workflow and Shortening the Project Management Plan. *IEEE Trans Eng Manage* 2024; **71**: 13266–73.
- 32 Gordon T, Pease A. RT Delphi: An efficient, “round-less” almost real time Delphi method. *Technological Forecasting and Social Change* 2006; **73**: 321–33.
- 33 Jennett C, Cox AL, Cairns P, *et al.* Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies* 2008; **66**: 641–61.
- 34 Diemer J, Alpers GW, Peperkorn HM, Shibani Y, Mühlberger A. The impact of perception and presence on emotional reactions: a review of research in virtual reality. *Front Psychol* 2015; **6**. DOI:10.3389/fpsyg.2015.00026.
- 35 Marung H, Höhn M, Gräsner J-T, Adler J, Schlechtriemen T. NASIM 25 – eine Option zur Verbesserung der Ausbildung von Notärzten. *Notfall Rettungsmed* 2016; **19**: 548–53.
- 36 St.Pierre M, Breuer G, editors. Simulation in der Medizin. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013 DOI:10.1007/978-3-642-29436-5.
- 37 McGrath JL, Taekman JM, Dev P, *et al.* Using Virtual Reality Simulation Environments to Assess Competence for Emergency Medicine Learners. *Academic Emergency Medicine* 2018; **25**: 186–95.
- 38 Levac DE, Huber ME, Sternad D. Learning and transfer of complex motor skills in virtual reality: a perspective review. *J NeuroEngineering Rehabil* 2019; **16**: 121.
- 39 Bommas-Ebert U, Teubner P, Voß R. Kurzlehrbuch Anatomie und Embryologie: nach dem neuen GK 1. Stuttgart: Thieme, 2005.
- 40 Paulsen F, Waschke J, Sobotta J, editors. Sobotta - Atlas der Anatomie, 24. Auflage. München: Elsevier, 2017.
- 41 AMBOSS SE. AMBOSS. <https://www.amboss.com/de/> (accessed Nov 21, 2021).
- 42 MFT Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e. V. Ein Kooperationsprojekt vom MFT Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e. V. und der GMA Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin NKLM. NKLM. <https://nklm.de/menu> (accessed Oct 15, 2024).
- 43 Schwab R, Germer C-T, Lang H. Notfälle in der Allgemein- und Viszeralchirurgie: Kurze Wege Zur Therapieentscheidung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg, 2019.

- 44 Siewert JR, Stein HJ. Chirurgie: mit integriertem Fallquiz, 9., überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, 2012 DOI:10.1007/978-3-642-11331-4.
- 45 The committee on Trauma. 10th Edition of the Advanced Trauma Life Support® (ATLS®) Student Course Manual. 2018. <https://cirugia.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/Advanced-Trauma-Life-Support.pdf> (accessed Nov 7, 2024).
- 46 Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU). S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung. 2022 <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/187-023> (accessed March 12, 2021).
- 47 Herold G. Innere Medizin 2019. De Gruyter, 2019 DOI:10.1515/9783110660401.
- 48 Deutsche Gesellschaft für Angiologie - Gesellschaft für Gefäßmedizin e.V. (DGA). S2k-Leitlinie Diagnostik und Therapie der Venenthrombose und Lungenembolie. 2023 <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/065-002> (accessed Oct 12, 2024).
- 49 Byrne RA, Rossello X, Coughlan JJ, *et al.* 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes. *European Heart Journal* 2023; **44**: 3720–826.
- 50 Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin e.V. (DEGAM). S3-Leitlinie Schlaganfall. 2020 <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/053-011> (accessed Oct 12, 2024).
- 51 NVL-Programm. S3-Leitlinie Nationale VersorgungsLeitlinie (NVL) Typ-2-Diabetes. 2023 <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/nvl-001> (accessed Oct 12, 2024).
- 52 Michels G, Bauersachs J, Böttiger BW, *et al.* Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) zur kardiopulmonalen Reanimation 2021: Update und Kommentar. *Kardiologie* 2022; **16**: 22–33.
- 53 von Heymann C, Kaufner L. Differenzierte Therapie der akuten Blutung Hämostase, Hämotherapie und Hämodynamik. 2014; **Anästhesiologie Intensivmedizin**: 58–67.
- 54 Universität zu Köln. Studienordnung (StO) für den Modellstudiengang Humanmedizin an der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln mit dem Abschluss "Ärztliche Prüfung". Köln: Universität zu Köln, 2021.
- 55 Codd AM, Choudhury B. Virtual reality anatomy: Is it comparable with traditional methods in the teaching of human forearm musculoskeletal anatomy? *Anatomical Sciences Education* 2011; **4**: 119–25.
- 56 Hall P. Interprofessional teamwork: Professional cultures as barriers. *Journal of Interprofessional Care* 2005; **19**: 188–96.
- 57 Institut für medizinische und pharmazeutische Prüfungsfragen (IMPP). Gegenstandskataloge. IMPP. <https://www.impp.de/pruefungen/allgemein/gegenstandskataloge.html> (accessed Nov 7, 2022).
- 58 Zumbach J, Haider K, Mandl H, editors. Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis: ein fallbasiertes Lehrbuch. Göttingen: Hogrefe, 2008.
- 59 Clausen B, Geuen H, editors. Qualitätsmanagement und Lehrentwicklung an Musikhochschulen: Konzepte - Projekte - Perspektiven, 1. Aufl. Münster New York: Waxmann, 2017.

- 60 Iglesias-Vázquez JA, Rodríguez-Núñez A, Penas-Penas M, Sánchez-Santos L, Cegarra-García M, Barreiro-Díaz MV. Cost-efficiency assessment of Advanced Life Support (ALS) courses based on the comparison of advanced simulators with conventional manikins. *BMC Emerg Med* 2007; **7**: 18.
- 61 Bumbach MD, Culross BA, Datta SK. Assessing the Financial Sustainability of High-Fidelity and Virtual Reality Simulation for Nursing Education: A Retrospective Case Analysis. *CIN: Computers, Informatics, Nursing* 2022; **40**: 615–23.
- 62 Barteit S, Lanfermann L, Bärnighausen T, Neuhaus F, Beiersmann C. Augmented, Mixed, and Virtual Reality-Based Head-Mounted Devices for Medical Education: Systematic Review. *JMIR Serious Games* 2021; **9**: e29080.
- 63 BEHMADI S, ASADI F, OKHOVATI M, ERSHAD SARABI R. Virtual reality-based medical education versus lecture-based method in teaching start triage lessons in emergency medical students: Virtual reality in medical education. *Journal of Advances in Medical Education and Professionalism* 2022; **10**. DOI:10.30476/jamp.2021.89269.1370.
- 64 Maresky HS, Oikonomou A, Ali I, Ditkofsky N, Pakkal M, Ballyk B. Virtual reality and cardiac anatomy: Exploring immersive three-dimensional cardiac imaging, a pilot study in undergraduate medical anatomy education. *Clinical Anatomy* 2019; **32**: 238–43.
- 65 Sahu PK, Chattu VK, Rewatkar A, Sakhamuri S. Best practices to impart clinical skills during preclinical years of medical curriculum. *Journal of Education and Health Promotion* 2019; **8**. DOI:10.4103/jehp.jehp_354_18.
- 66 Lewis TL, Burnett B, Tunstall RG, Abrahams PH. Complementing anatomy education using three-dimensional anatomy mobile software applications on tablet computers. *Clinical Anatomy* 2014; **27**: 313–20.
- 67 Triepels CPR, Smeets CFA, Notten KJB, *et al.* Does three-dimensional anatomy improve student understanding? *Clinical Anatomy* 2020; **33**: 25–33.
- 68 Cheung CC, Bridges SM, Tipoe GL. Why is Anatomy Difficult to Learn? The Implications for Undergraduate Medical Curricula. *Anatomical Sciences Ed* 2021; **14**: 752–63.
- 69 García-Robles P, Cortés-Pérez I, Nieto-Escámez FA, García-López H, Obrero-Gaitán E, Osuna-Pérez MC. Immersive virtual reality and augmented reality in anatomy education: A systematic review and meta-analysis. *Anatomical Sciences Ed* 2024; **17**: 514–28.
- 70 Thomsen ASS, Bach-Holm D, Kjørbo H, *et al.* Operating Room Performance Improves after Proficiency-Based Virtual Reality Cataract Surgery Training. *Ophthalmology* 2017; **124**: 524–31.
- 71 Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, *et al.* Virtual Reality Training Improves Operating Room Performance: Results of a Randomized, Double-Blinded Study. *Annals of Surgery* 2002; **236**: 458–64.
- 72 Pulijala Y, Ma M, Pears M, Peebles D, Ayoub A. Effectiveness of Immersive Virtual Reality in Surgical Training—A Randomized Control Trial. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2018; **76**: 1065–72.
- 73 C. Schmitz C, Brandt BF. The Readiness for Interprofessional Learning Scale: To RIPLS or not to RIPLS? That is only part of the question. *Journal of Interprofessional Care* 2015; **29**: 525–6.

- 74 Creutzfeldt J, Hedman L, Felländer-Tsai L. Cardiopulmonary Resuscitation Training by Avatars: A Qualitative Study of Medical Students' Experiences Using a Multiplayer Virtual World. *JMIR Serious Games* 2016; **4**: e22.
- 75 Wulf G, Shea C, Lewthwaite R. Motor skill learning and performance: a review of influential factors: Motor skill learning and performance. *Medical Education* 2010; **44**: 75–84.
- 76 Waltemate T, Gall D, Roth D, Botsch M, Latoschik ME. The Impact of Avatar Personalization and Immersion on Virtual Body Ownership, Presence, and Emotional Response. *IEEE Trans Visual Comput Graphics* 2018; **24**: 1643–52.
- 77 Mahling M, Wunderlich R, Steiner D, Gorgati E, Festl-Wietek T, Herrmann-Werner A. Virtual Reality for Emergency Medicine Training in Medical School: Prospective, Large-Cohort Implementation Study. *J Med Internet Res* 2023; **25**: e43649.
- 78 Harrington CM, Kavanagh DO, Quinlan JF, *et al*. Development and evaluation of a trauma decision-making simulator in Oculus virtual reality. *The American Journal of Surgery* 2018; **215**: 42–7.
- 79 Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; **11**: CD008349.

7. Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: SCHEMA ZUR PLANUNG MEDIZINISCHER CURRICULA NACH KERN (1)	14
ABBILDUNG 2: TEILNEHMERANZAHL NACH FACHSEMESTER BEI STUDIERENDEN DER HUMANMEDIZIN	31
ABBILDUNG 3: VERTEILUNG BEGONNENER/ABGESCHLOSSENER AUSBILDUNGSBERUFE BEI STUDIERENDEN DER HUMANMEDIZIN VOR BEGINN DES STUDIUMS	32
ABBILDUNG 4: VERTEILUNG DES AUSBILDUNGSJAHRES UNTER DEN TEILNEHMENDEN DER AUSZUBILDENEN FÜR GESUNDHEITS- UND KRANKENPFLEGE	32
ABBILDUNG 5: SELBSTEINORDNUNG DER TEILNEHMENDEN ZU DEN LERNTYPEN NACH FLEMING	33
ABBILDUNG 6: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER NUTZUNG VON MEDIEN BEIM LERNEN	33
ABBILDUNG 7: ANTEIL DER NUTZUNG VON UNTERSCHIEDLICHEN MEDIENPLATTFORMEN ALS UNTERSTÜTZENDES ELEMENT BEIM LERNEN	34
ABBILDUNG 8: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER NUTZUNG VON MEDIEN IM RAHMEN DER UNIVERSITÄREN LEHRE	35
ABBILDUNG 9: MEDIALE LEHRINSTRUMENTE ZUR ERGÄNZENDEN UNIVERSITÄREN LEHRE IN VORLESUNGEN, SEMINAREN UND PRAKTIKA	35
ABBILDUNG 10: VERMEHRTE EINBINDUNG VON MEDIEN UND VIRTUAL REALITY BASIERTEN LEHRFORMATEN IN DIE UNIVERSITÄRE LEHRE	36
ABBILDUNG 11: VIDEOSPIELNUTZUNG UNTER DEN TEILNEHMENDEN	37
ABBILDUNG 12: READINESS FOR INTERPROFESSIONAL LEARNING SCALE (RIPLS) ERGEBNIS DER UMFRAGE UNTER STUDIERENDEN DER HUMANMEDIZIN UND AUSZUBILDENEN FÜR GESUNDHEITS- UND KRANKENPFLEGE IM VERGLEICH ZUM MAXIMAL ERREICHBAREN SCORE	38
ABBILDUNG 13: LEHRE NOTFALLMEDIZINISCHER GRUNDLAGEN IN "THEORIE", "THEORIE UND PRAXIS" ODER "WIRD NICHT VERMITTELT" ABCDE-SCHEMA, BASIC LIFE SUPPORT (BLS), ADVANCED LIFE SUPPORT (ALS), INTUBATION, ANLAGE EINES VENÖSEN ZUGANGS, NICHT INVASIVES MONITORING	40
ABBILDUNG 14: SELBSTEINSCHÄTZUNG DER STUDIERENDEN DER HUMANMEDIZIN UND AUSZUBILDENEN DER GESUNDHEITS- UND KRANKENPFLEGE BEZÜGLICH GRUNDLAGEN DER NOTFALLMEDIZINISCHEN BASISAUSBILDUNG (BASIC LIFE SUPPORT (BLS), ADVANCED LIFE SUPPORT (ALS), INTUBATION, ANLAGE EINES VENÖSEN ZUGANGS, ETABLIERUNG EINES NICHT INVASIVEN MONITORINGS, ABCDE-SCHEMA)	41
ABBILDUNG 15: LEHRE DER HÄUFIGSTEN MEDIZINISCHEN NOTFÄLLE IN "THEORIE", "THEORIE UND PRAXIS" ODER "WIRD NICHT VERMITTELT"	41
ABBILDUNG 16: SELBSTEINSCHÄTZUNG DER STUDIERENDEN DER HUMANMEDIZIN UND AUSZUBILDENEN DER GESUNDHEITS- UND KRANKENPFLEGE BEZÜGLICH DER HÄUFIGSTEN MEDIZINISCHEN NOTFÄLLE	42
ABBILDUNG 17: BEFRAGUNG ZUR AUSWEITUNG NOTFALLMEDIZINISCHER LEHRANGEBOTE	43
ABBILDUNG 18: SWOT-ANALYSE DES SURGICAL TRACKS	48
ABBILDUNG 19: PROJEKTZEITLEISTE	49
ABBILDUNG 20: PROJEKTSTRUKTURPLAN DER IMPLEMENTIERUNGSPHASE	49
ABBILDUNG 21: VIRTUAL REALITY LABOR IM CEMIT (CENTER FOR MEDICAL INNOVATION AND TECHNOLOGY)	50
	98

ABBILDUNG 22: MEDIZINSTUDIERENDER WÄHREND EINER VIRTUELLEN OPERATION	51
ABBILDUNG 23: INTEGRATION DES SURGICAL TRACKS IN DAS BESTEHENDE CURRICULUM AB WINTERSEMESTER 2025/26	52
ABBILDUNG 24: EREINFACHTER ABLAUF MODUL LEISTENKANAL: NACH DER ANATOMISCHEN PRÄPARATION WIE AM KÖRPERSPENDER FOLGT DIE TELEPORTATION IN DEN LEISTENKANAL. DIE STUDIERENDEN STEHEN AM EINGANG DES ANULUS INGUINALIS SUPERFICIALIS UND KÖNNEN SICH AUF DEM FUNICULUS SPERMATICUS FORTBEWEGEN. IM VERLAUF WIRD DAS KOMPLETTE RELEVANTE ANATOMISCHE WISSEN UM DEN LEISTENKANAL INTERAKTIV ERWORBEN. .	56
ABBILDUNG 25: VEREINFACHTER ABLAUF MODUL BURSA OMENTALIS: NACH DER ANATOMISCHEN PRÄPARATION WIE AM KÖRPERSPENDER FOLGT DIE ERÖFFNUNG DER BAUCHHÖHLE UND DIE TELEPORTATION IN DIE BURSA OMENTALIS. DIE STUDIERENDEN STEHEN AM EINGANG DES FORAMEN OMENTALE UND KÖNNEN DORT BEGINNEND DIE ANATOMISCHEN LAGEBEZIEHUNGEN AN VERSCHIEDENEN STATIONEN ERKUNDEN UND ERLERNTES WISSEN MITTELS INTERAKTIVER QUIZFRAGEN KONTROLLIEREN.	58
ABBILDUNG 26: MEDIZINSTUDENT WÄHREND EINER VIRTUELLEN VISZERALCHIRURGISCHEN OPERATIONSSIMULATION NACH ERFOLGTER LAPAROTOMIE	60
ABBILDUNG 27: BEISPIELHAFTE DARSTELLUNG DES SIMULIERTEN VERLAUFS DER SAUERSTOFFSÄTTIGUNG ÜBER EINE DAUER VON 10 MINUTEN UND DEREN VERÄNDERUNG DURCH DIE GABE VON 10LO ₂ /MIN ÜBER DIE MASKE	76
ABBILDUNG 28: DARSTELLUNG DER AUSWERTUNG DER EVALUATION DES BLOCKPRAKTIKUMS VISZERALCHIRURGIE IM SOMMERSEMESTER 2025 NACH INTEGRATION VON VIRTUAL REALITY MODULEN	80

7.2 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: READINESS FOR INTERPROFESSIONAL LEARNING SCALE (RIPLS) UNTER STUDIERENDEN DER HUMANMEDIZIN UND AUSZUBILDENEN FÜR GESUNDHEITS- UND KRANKENPFLEGE	39
TABELLE 2: LERNZIELE VR MODULE ANATOMIE ⁴⁵	44
TABELLE 3: LERNZIELE VR MODUL SCHOCKRAUM ⁴⁶	45
TABELLE 4: LERNZIELE VR MODUL DER INSTABILE PATIENT	46
TABELLE 5: SCHWIERIGKEITSGRADE MODUL SCHOCKRAUM	61
TABELLE 6: ABLAUF IM SCHOCKRAUM NACH ATLS UND DURCHFÜHRBARE HANDLUNGEN UNTERTEILT IN DAS ABCDE SCHEMA. K = KOMPLEXE MAßNAHME, E1 = EINFACHE MAßNAHME MIT WARTEZEIT UND DARSTELLUNG DES ERGEBNISSES, E2 = EINFACHE MAßNAHME MIT SELBSTSTÄNDIGER DURCHFÜHRUNG	66
TABELLE 7: ABLAUF IN DER VIRTUAL REALITY SCHOCKRAUM SIMULATION EINER KOMPLEXEN HANDLUNG AM BEISPIEL DER ANLAGE EINER THORAXDRAINAGE	68
TABELLE 8: ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DER SIMULATIONSABLÄUFE DER INSTABILEN PATIENT:INNEN AUF DER NORMALSTATION	74

TABELLE 9: MÖGLICHE PFLEGERISCHE UND ÄRZTLICHE MAßNAHMEN ZUR VERSORGUNG DER VIRTUELLEN	
PATIENT:INNEN	75