

Aus dem Zentrum für Operative Medizin der Universität zu Köln  
Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral-, Tumor- und  
Transplantationschirurgie  
Direktorin: Universitätsprofessorin Dr. med. C. Bruns

**Entwicklung, Implementierung und erste  
Validierung eines immersiven  
Patientensimulatorprototyps zur Ausbildung der  
klinischen Entscheidungsfindung in der  
chirurgischen Lehre**

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

vorgelegt von  
Kai Maximilian Paas  
aus Radevormwald

promoviert am 07. September 2023

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln  
2023

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachter: Privatdozent Dr. med. R. Kleinert

2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. T. Huber

## 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.

Die gesamte didaktische Konzeption und Entwicklung der unfallchirurgischen Lehreinheit sowie die digitale Einarbeitung der Kasuistiken des unfallchirurgischen *ALICE*-Moduls in den immersiven Patientensimulator wurden von mir eigenständig vorgenommen.

Die in dieser Arbeit zugrunde liegenden Datenerhebungen inklusive der Durchführung der Präsenzlehreinheit des unfallchirurgischen *ALICE*-Moduls und die Auswertung wurden eigenständig von mir durchgeführt.

Die Daten der Distanzlehreinheit des unfallchirurgischen *ALICE*-Moduls wurden ohne meine Mitarbeit in der Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Tumor- und Transplantationschirurgie ermittelt. Die Datenauswertung der Distanzlehreinheit des unfallchirurgischen *ALICE*-Moduls wurde eigenständig von mir durchgeführt.

Die Datenerhebungen inklusive der Durchführung des allgemeinchirurgischen *ALICE*-Moduls und die Auswertung sind von mir nach entsprechender Anleitung durch Herrn Priv.-Doz Dr. med. Robert Kleinert ausgeführt worden.

Die Daten des onkologischen *ALICE*-Moduls wurden ohne meine Mitarbeit in der Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Tumor- und Transplantationschirurgie ermittelt. Die Daten inklusive der Durchführung des *ALICE*-Moduls für das onkologische Modul von PJ-Studenten habe ich selbst in diesen Kliniken erhoben und ausgewertet:

- Sana-Klinikum Remscheid
- Städtisches Klinikum Solingen

Die Datenauswertung des onkologischen *ALICE*-Moduls der teilnehmenden Studierenden aus der Uniklinik Köln wurde von mir in Zusammenarbeit mit Herrn Priv.-Doz Dr. med. Robert Kleinert vorgenommen.

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 26.08.2021

Unterschrift:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Paay', written in a cursive style.

## Danksagung

Mein besonderer Dank gebührt meinem Betreuer und Doktorvater, Herrn Privatdozent Dr. med. Robert Kleinert, für die Bereitstellung meines Dissertationsthemas, für seine kompetente Unterstützung, für sein Engagement bei der Realisierung des Projekts *ALICE* und für seine stetige Begleitung.

**Meinen Eltern gewidmet**

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Zusammenfassung .....</b>	<b>10</b>
<b>2 Einleitung.....</b>	<b>12</b>
2.1 Herausforderung der aktuellen Hochschulausbildung .....	12
2.2 Zielsetzung und Fragestellung der Arbeit.....	15
<b>3 Material und Methoden .....</b>	<b>16</b>
3.1 Technische Konzeption der chirurgischen Lehreinheit des immersiven Patientensimulators <i>ALICE</i> .....	16
3.2 Didaktische Konzeption einer unfallchirurgischen Präsenzlehreinheit des immersiven Patientensimulators <i>ALICE</i> nach dem sechstufigen Modell nach Kern.....	18
3.2.1 Schritt 1: Problemidentifizierung sowie allgemeine Bedarfsanalyse („Problem Identification and General Needs Assessment“) .....	19
3.2.2 Schritt 2: Analyse der Zielgruppe und Ausstattung („Targeted Needs Assessment“).....	20
3.2.3 Schritt 3: Ziele und Absichten („Goals and Objectives“).....	21
3.2.4 Schritt 4: Lehrmethoden („Educational Strategies“).....	25
3.2.5 Schritt 5: Implementierung („Implementation“).....	27
3.2.6 Schritt 6: Evaluation und Rückmeldung („Evaluation and Feedback“).....	27
3.3 Konzeption einer unfallchirurgischen Distanzlerneinheit des immersiven Patientensimulators <i>ALICE</i> .....	29
3.3.1 Allgemeines Studiendesign .....	29
3.3.2 Rekrutierung der Probanden .....	29
3.3.3 Konzeption, Ablauf und Validierung der unfallchirurgischen Distanzlerneinheit.....	29
3.3.3.1 Konzeption und Ablauf .....	29
3.3.3.2 Validierung.....	31
3.4 Statistik.....	31
<b>4 Ergebnisse.....</b>	<b>33</b>
4.1 Allgemeine Bedarfsanalyse: E-Learning Angebote der deutschen Universitätskliniken.....	33
4.2 Medizinischer Inhalt: Konzeption des unfallchirurgischen Moduls im IPS- Framework von <i>ALICE</i> .....	36

4.3	Umsetzung der Machbarkeitsstudie zum ersten Einsatz des unfallchirurgischen Lernmoduls in einer unfallchirurgischen Präsenzlehreinheit nach dem sechsstufigen Kern-Zyklus .....	44
4.3.1	Allgemeine Bedarfsanalyse und Problemidentifikation .....	44
4.3.2	Bedarfsanalyse der Zielgruppe der Lernenden.....	46
4.3.3	Lernziele.....	47
4.3.3.1	Übergeordnete Lernziele .....	47
4.3.3.2	Spezifische Lernziele .....	47
4.3.4	Studiendesign der 90-minütigen unfallchirurgischen Präsenzlehreinheit mit Darstellung der Lehrmethoden .....	49
4.4	Ergebnisse der Studie zum ersten Einsatz des unfallchirurgischen Lernmoduls in einer unfallchirurgischen Präsenzlehreinheit.....	54
4.4.1	Studiendesign .....	54
4.4.2	Qualitative Evaluation der unfallchirurgischen <i>ALICE</i> -Präsenzlehreinheit...	56
4.4.3	Deskriptive Evaluation der unfallchirurgischen <i>ALICE</i> -Präsenzlehreinheit..	57
4.4.3.1	Deklaratives Wissen (Vorhersagevalidität).....	57
4.4.3.2	Prozedurenwissen (Inhaltsvalidität) .....	59
4.5	Ergebnisse der Studie zum ersten Einsatz des unfallchirurgischen Lernmoduls in einer unfallchirurgischen Distanzlerneinheit.....	64
4.5.1	Studiendesign .....	64
4.5.2	Qualitative Evaluation der unfallchirurgischen <i>ALICE</i> -Distanzlerneinheit....	67
4.5.3	Deskriptive Evaluation der unfallchirurgischen <i>ALICE</i> -Distanzlerneinheit...	68
4.5.3.1	Deklaratives Wissen (Vorhersagevalidität).....	68
4.5.3.2	Deklaratives Wissen (Konstruktvalidität).....	70
4.5.3.3	Prozedurenwissen (Inhaltsvalidität) .....	71
5	Diskussion .....	79
5.1	Grad an Immersion, Validität, sowie Komplexität des medizinischen Inhalts bei aktuell verfügbaren virtuellen Patientensimulatoren .....	80
5.2	Ergebnisdiskussion aus der Implementierung des IPS-Prototyps <i>ALICE</i> in chirurgische Präsenzlehreinheiten und in eine unfallchirurgische Distanzlerneinheit.....	83
5.3	Methodenkritik bezüglich der Implementierung des IPS-Prototyps <i>ALICE</i> in chirurgische Lehreinheiten.....	87
5.4	Nutzen, Chancen und Limitierung von <i>ALICE</i> in einer chirurgischen Lehreinheit .....	88
5.5	Schlussfolgerung.....	91

<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>95</b>
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>102</b>
7.1	Abbildungsverzeichnis.....	102
7.2	Tabellenverzeichnis.....	104
7.3	Evaluationsfragebögen .....	105
7.4	Multiple-Choice-Fragen .....	107

**3**

3D ..... dreidimensional

**A**

ALICE ..... Artificial Learning Interface of Clinical Education

AO ..... Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

**D**

DGU ..... Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie

**E**

E-Learning ..... Electronic Learning

E-Mail ..... electronic mail

**G**

GoPro ..... go professional

GUI ..... graphical user interface

**I**

IPS ..... Immersive Patient Simulator

**M**

MCQ ..... Multiple Choice Question

**N**

NKLM ..... Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin

NPC ..... Non-Player-Charakteren

**O**

OP ..... Operation

OSCE ..... Objective Structured Clinical Examination

**P**

PC ..... Personal Computer

PJ ..... Praktisches Jahr

**S**

SL ..... Second Life

SOP ..... Standard Operating Procedure

**U**

USB ..... Universal Serial Bus

**V**

VR ..... Virtual Reality

VW ..... Virtual World

# 1 Zusammenfassung

**Einleitung:** Immersive Patientensimulatoren (IPSs) ermöglichen die imaginäre Immersion in eine künstlich kreierte Welt, vergleichbar eines Computerspiels, in der der Nutzer frei durch eine 3D-Umgebung navigieren kann. Das spielerische Lernen mit einem solchen IPS erlaubt es, medizinische Arbeitsabläufe zu verinnerlichen, ohne echte Patienten zu gefährden. Idealerweise zeigt der Einsatz von IPSs eine hohe Akzeptanz unter den Studenten und kann den Wissenszuwachs zusätzlich positiv beeinflussen. Die Entwicklung eines IPS von hoher technischer Qualität ist äußerst ressourcenintensiv. Aus diesem Grund scheint es nicht verwunderlich, dass der Großteil der sogenannten High Fidelity IPSs kommerziell betrieben werden. Gegenwärtig kommen IPSs im täglichen klinischen chirurgischen Curriculum nur selten zum Einsatz.

## **Zielsetzung:**

- Erhebung einer Bedarfsanalyse von Art und Anzahl der vorhandenen E-Learning Angebote inklusive bestehender IPSs an deutschen Universitätskliniken
- Die Entwicklung eines unfallchirurgischen akademisch betriebenen IPS-Prototyps mit Implementierung und Validierung als Pilotprojekt in eine unfallchirurgische Lerneinheit mit der Methode nach Kern als Blended Learning Konzept
- Basierend auf den existierenden digitalen unfallchirurgischen Lernfällen wird das Pilotprojekt zusätzlich in eine unfallchirurgische Distanzlerneinheit implementiert

**Methode:** Um den allgemeinen Bedarf eines universitär basierten und betriebenen IPS-Prototyps zu ermitteln, wurde im ersten Schritt eine systematische Internetrecherche der in Deutschland verfügbaren webbasierten E-Learning Angebote durchgeführt. Anschließend folgte die didaktische Konzeption einer unfallchirurgischen Präsenz-Lerneinheit von *ALICE* nach dem sechsstufigen Modell nach Kern sowie als Distanzlerneinheit auf dem heimischen Computer. Die Entwurfsplanung enthält die Definition folgender Parameter: Maß an curricularem Inhalt, Grad an technischer Qualität, Verfügbarkeit und Validierungsebene. Die Validierung wurde mit 65 freiwillig teilnehmenden Studenten durchgeführt. Die Meinung der Studenten bezüglich Akzeptanz wurde mit Hilfe eines Likert-Skala Fragebogens evaluiert. Durch Prüfung der Vorhersagevali-

dität, der Konstruktvalidität sowie der Inhaltsvalidität soll der Einfluss auf den Wissenszuwachs bestimmt werden.

**Ergebnisse:** Gegenwärtig gibt es keinen akademisch betriebenen Simulator, der für jeden Studenten frei zugänglich ist und hohe Immersion mit profundem medizinischen Inhalt verbindet. *ALICE* genießt unter den Studenten eine hohe Akzeptanz. Studenten zeigen eine große Motivation bei der Benutzung von *ALICE*. Der Großteil gibt an, dass das Lernen mit einem Simulator sie begeistert. *ALICE* zeigt einen positiven Einfluss auf das deklarative Wissen. Die unfallchirurgische Simulator-Validität ist positiv für Vorhersage, Konstrukt und Inhalt.

**Schlussfolgerung:** Die große Zufriedenheit sowie der nachgewiesene Wissenszuwachs durch *ALICE* zeigt, dass die Entwicklung und Implementierung eines universitär betriebenen immersiven Patientensimulators, der profundes medizinisches Wissen vermittelt, äußerst lohnenswert ist. *ALICE* ist gemeinnützig, einfach anzuwenden und genießt des Weiteren eine hohe Akzeptanz unter der Studentenschaft. *ALICE* ist ein alternatives Werkzeug für die studentische Lehre, das das tägliche klinische Curriculum bereichern könnte.

## **2 Einleitung**

### **2.1 Herausforderung der aktuellen Hochschulausbildung**

Die medizinische Lehre hat sich in den letzten Jahren fachdidaktisch kontinuierlich weiterentwickelt wobei Praxisbezug, Kompetenzorientierung und Interprofessionalität wichtige curriculare Bausteine sind. Dabei steht die Hochschulausbildung aktuell vor neuen Herausforderungen. Die gegenwärtigen Studentengenerationen, die häufig auch als „Generation Y“ und zunehmend auch als „Generation Z“ bezeichnet werden, wachsen in einer Zeit auf, die durch die Omnipräsenz von Computern und mobiler Kommunikation charakterisiert ist. Die Studenten zeichnen sich durch hohe Technologieaffinität aus und äußern klare Vorstellungen bezüglich ihrer bevorzugten Lernmodelle. Die Verwendung digitaler Medien und sozialer Netzwerke nimmt dabei eine wichtige Rolle ein [2, 28-31].

Das elektronisch unterstützte Lernen, kurz E-Learning, ist zunehmend ein integrativer Bestandteil der studentischen Ausbildung. E-Learning hat bei den Studierenden der aktuellen Studentengenerationen eine große Akzeptanz und erfüllt die Erwartungen der Studierenden nach modernen Lehrkonzepten. Asynchrones, internetbasiertes E-Learning ermöglicht ein repetitives zeit- und ortsunabhängiges Lernen mit individueller Lerngeschwindigkeit.

Blended Learning - auch als verknüpft oder hybrides Lernen bezeichnet - stellt eine der wichtigsten pädagogischen Prinzipien und Methoden des modernen E-Learnings dar. Blended Learning schafft eine didaktische Kombination zwischen klassischer Präsenzveranstaltung und multimedialem Lernen [51]. Ziel des Blended Learning ist die Integration und das Zusammenfügen unterschiedlichster Lehr- und Lernmethoden unter Beteiligung verschiedenster Medien [40, 49].

Ein wichtiger Bestandteil der klinischen Ausbildung ist das Erlernen und Trainieren diagnostischer und therapeutischer Abläufe. Diese Methodenkompetenz bildet die Basis, um diagnostische und therapeutische Entscheidungsprozesse, das sogenannte Clinical Reasoning (klinische Entscheidungsfindung), zu beherrschen. Heutzutage beruht eine Vielzahl der medizinisch-klinischen Workflows (Behandlungsprozesse) auf standardisierten Prozeduren (SOPs), die eine Einheitlichkeit in der Qualität bei der Durchführung bestimmter Behandlungsregime im Klinikalltag garantieren sollen [46]. Eine wesentliche Grundlage der Entscheidungsprozesse liegt im Erlernen von

grundlegendem theoretischen (deklarativen) Wissen, das heute häufig sowohl in der vorklinischen als auch in der klinischen Ausbildung mit Hilfe von E-Learning Programmen unterstützt wird [3]. Die Beherrschung und Anwendung der SOPs erfordert die Fähigkeit, deklaratives Wissen (theoretisches Wissen: „knowing what“) in Prozedurenwissen (praktisches Wissen: „knowing how“) zu übertragen. Besonders effektiv erfolgt dieser Transfer durch den Besuch von Präsenzveranstaltungen, deren Teilnehmer über die gleichen fachlichen Vorkenntnisse verfügen [50].

Gegenwärtig werden in zunehmender Weise neue didaktische Bildungsansätze wie das kompetenzbasierte Lernen, Skills Labs und das Üben an Mannequin-Simulatoren (Übungspuppen) [19, 58] genutzt. Durch das repetitive Training und Üben von standardisierten klinischen Situationen und das Einstudieren bestimmter ärztlicher Fertigkeiten wie zum Beispiel Untersuchungstechniken, Legen von venösen Zugängen und Training von Reanimationen, kann das Prozedurenwissen verinnerlicht werden. Folglich wird ein gewisser Kenntnisstand sichergestellt, bevor Studenten ihr erlangtes Wissen an realen Patienten anwenden.

Die zunehmende Digitalisierung ermöglicht das Training von Prozedurenwissen auch in digitalen Lehrformaten wie virtuellen Patientensimulatoren und Serious Games. Der Einfluss solcher Lehrformate auf das Lernergebnis und Wissensretention war bisher jedoch weitestgehend unbekannt. Erst in den letzten Jahren rückte das Thema Virtual Reality mehr in den Fokus der Öffentlichkeit. Um das Potential der Computerspiele auch in den Bereichen von Lehrveranstaltungen im Sinne von Serious Games zu etablieren, soll die Spielebranche in Zukunft staatlich gefördert werden [47]. Die rasante Entwicklung der Computertechnologie ermöglicht selbst auf dem heimischen Computer neue innovative Lehrkonzepte zu realisieren und diagnostische und therapeutische Algorithmen zu verinnerlichen.

Immersive Patient Simulators (IPSS) spiegeln eine dreidimensionale spieleähnliche virtuelle Umgebung wider, in der Studenten frei und in Echtzeit in Interaktion mit virtuellen Patienten treten können [16]. Folglich entsteht eine hohe Identifikation mit dem Lerninhalt (Immersion), ähnlich eines 3D-Computerspiels („Serious Game“). Die spielerische Immersion bietet den Studenten die Möglichkeit, virtuell Erfahrungen zu sammeln, da die Studierenden mit den Konsequenzen ihrer Handlungs- und Entscheidungsprozesse („trial and error“) konfrontiert werden, ohne reale Patienten zu gefährden. Das repetitive Üben garantiert die Verinnerlichung und Festigung der Abläufe, die Voraussetzung für das Erlangen von Prozedurenwissen sind [21]. Ein höherer Grad an Immersion („Erleben statt gelesen“) wirkt sich positiv auf die

Lernmotivation aus [21]. Hinzu kommt, dass webbasierte IPSs eine sinnvolle Verbindung zwischen Identifikation mit dem Lerninhalt (Immersion) und den Vorteilen des Fernstudiums ermöglichen [25].

In aktuellen Untersuchungen konnte der Anstieg der Inanspruchnahme von Notaufnahmen in deutschen Krankenhäusern belegt werden [4, 5]. Dieses Phänomen wirkt sich im Speziellen auf die Berufsausübung junger Mediziner aus, die zu Beginn ihrer ärztlichen Tätigkeit in Notfallambulanzen ihren Dienst absolvieren. So gaben 65 Prozent der Jungärzte bei einer repräsentativen Umfrage der Universität Erlangen-Nürnberg an, dass sie sich nach Abschluss des Praktischen Jahres nicht ausreichend auf die Berufspraxis vorbereitet fühlen [45]. Notfallambulanzen erfordern Fähigkeiten, die in Vorlesungen oder Seminaren nicht ausreichend vermittelt werden können. Hier bieten virtuelle Patientensimulatoren im Vergleich zu anderen Lernformaten den Vorteil, dass Studierende mehrere Patienten gleichzeitig oder in kurzer Abfolge behandeln können. Dadurch erweitern die Studenten die Fähigkeit, sich einen strukturierten und zeitsparenden Behandlungsalgorithmus anzueignen [45]. Studierende höherer Fachsemester können somit schon frühzeitig auf die Herausforderungen der Notfallambulanzen gezielt vorbereitet werden. Da diese elementaren nicht technischen Fertigkeiten nur schwerlich getrennt eingeübt werden können, entstehen Risiken in kritischen Umgebungen wie beispielsweise Notaufnahmen oder Operationssälen [8].

Reale Notfallsituationen können vor dem Praktischen Jahr noch nicht zur praxisorientierten Ausbildung herangezogen werden. Diese Lücke kann durch speziell entwickelte virtuelle Simulatoren geschlossen werden [48]. Virtuelle Patientensimulatoren lösen ein zusätzliches Problem der studentischen Ausbildung. In der Vergangenheit wurden klinische Szenarien ressourcenintensiv durch Schauspielpatienten simuliert [41]. Durch eine virtuelle Simulation kann nicht nur Geld und Zeit gespart werden, sondern vielen Studenten mit wenig Lehrpersonal eine große Bandbreite an klinischen Fällen präsentiert werden.

Konzeption, Programmierung und anschließende Implementierung eines immersiven virtuellen Patientensimulators in eine Lehrinheit bedarf eines enormen zeitlichen Aufwands. Immersive Patientensimulatoren kommen in der klinischen Ausbildung nach wie vor nur selten zum Einsatz [31], sodass die Beurteilung der Effektivität des Lernerfolgs bei virtuellen Patientensimulatoren noch unzureichend erforscht ist.

## **2.2 Zielsetzung und Fragestellung der Arbeit**

Zunächst soll im Rahmen einer Bedarfsanalyse Art und Anzahl der vorhandenen E-Learning Angebote inklusive bestehender IPSs an deutschen Universitätskliniken erhoben werden.

Im zweiten Schritt der Dissertation folgt die didaktische Konzeption und Entwicklung unfallchirurgischer Lernfälle mit Hilfe des universitär- basierten und betriebenen IPS-Prototypen namens *ALICE* und dessen Implementierung als Pilotprojekt mit der Methode nach Kern als Blended Learning Konzept in eine unfallchirurgische Präsenzlehreinheit.

Basierend auf den existierenden digitalen unfallchirurgischen Lernfällen wird das Pilotprojekt zusätzlich in eine unfallchirurgische Distanzlerneinheit implementiert.

Schließlich soll eine qualitative und quantitative Evaluation durchgeführt werden, indem die Akzeptanz bei den Studierenden abgefragt wird und der Einfluss auf das Lernergebnis getestet wird.

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Technische Konzeption der chirurgischen Lehrinheit des immersiven Patientensimulators *ALICE*

Für die Entwicklung und Implementierung des geplanten Lern- und Autorensystems *ALICE* wurde die Lernsoftware *Thinking Worlds* (Version 3.6.0) der Firma *Caspian* (*Thinking Worlds, St. Peter`s Gate University of Sunderland, United Kingdom, <http://www.caspianlearning.co.uk/contact>*) genutzt. Es handelt sich um ein 3D-Autorentool und eine Spiel-Engine. Die 3D-Engine basiert auf einer kostenfreien Programmierumgebung. Die Lernsoftware ermöglicht die Entwicklung von Serious Games und 3D-Simulationen für verschiedene Betriebssysteme, die auf allen gängigen Plattformen (Windows®, Macintosh®, Apple iOS®, Android®, Linux®) und Endgeräten (Personal Computer, Notebook, Tablet, Smartphone) genutzt werden kann. Der Prototyp des Simulators wurde auf einem Standard Personal Computer (Intel®i5 Prozessor mit integriertem Grafikchip, 8GB RAM, Windows 7®) als Ausführungsdatei gespeichert. Die Hauptanforderung an die technische Qualität war ein hoher Immersionsgrad, um eine möglichst große Identifikation mit dem Lerninhalt zu erreichen. Dies wurde erreicht durch den Einsatz klassischer 3D-Game-Design-Konzepten [15]. Die Langzeitmotivation und Immersion wurde mit Hilfe etablierter Spieldesigntechniken wie beispielsweise Belohnungssystemen, kleinen Zwischensequenzen, plötzlichen Überblendungen von Kameraeinstellungen sowie speziellem Raumklang erreicht [27]. Es war das Ziel, dass der Simulator allen Medizinstudenten an jedem Ort und zu jeder Zeit zur Verfügung steht.

Daher ist *ALICE* ein webbasierter IPS. Der Nutzer loggt sich als Avatar in die Lernumgebung ein und es steht ihm eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) zur Verfügung. Der Simulator-Prototyp stellt eine kleine Ambulanz mit einem Behandlungsraum dar, die frei aus einer Ego-Perspektive, ähnlich eines Videospiele, erkundet werden kann. Die gesamte Simulator-Navigation kann entweder per Computermaus oder alternativ direkt per Touchscreen gesteuert werden. *ALICE* simuliert klinische Situationen, die auf vordefinierten Lernzielen basieren. Jede Aktion bewirkt eine Reaktion des Simulators und folglich werden die Lernenden unmittelbar mit den Konsequenzen ihrer verschiedenen Entscheidungen konfrontiert. Der Nutzer kann mit virtuellen Patienten sowie computergesteuerten Charakteren „Non-Player-Charakteren (NPC)“ wie zum Beispiel Krankenschwestern oder anderen Ärzten interagieren. Die Studierenden

können bei der Behandlung der virtuellen Patienten zwischen den unterschiedlichen Optionen **Anamnese, körperliche Untersuchung und Diagnostik** frei wählen. Dabei gibt es weder eine Beschränkung in der Reihenfolge der Optionen noch eine Beschränkung der Diagnostik. Sollte der Nutzer eine medizinisch nicht indizierte Untersuchung anfordern, beispielsweise eine CT-Untersuchung, obwohl ein Röntgen zur Diagnosesicherung ausgereicht hätte, wird dem Nutzer ein Normalbefund in der jeweiligen Diagnostik präsentiert. Sobald der Student eine Diagnose stellt, ist es ihm möglich, die nötigen Untersuchungen einzuleiten und die Szene zu beenden. Jeder simulierte Fall schließt mit einer Nachbesprechung durch den virtuellen Lehrer ab. Der Avatar trägt den Namen eines jeden Nutzers, der über dem Namen zusätzlich die entsprechende Erfahrungsstufe anzeigt. Die Erfahrungsstufe wächst, indem Erfahrungspunkte gesammelt werden, die durch eine erfolgreiche Simulator-Leistung erworben werden können. Man startet mit der Erfahrungsstufe eines Erstsemester-Medizinstudenten. Die höchste zu erreichende Stufe ist die des Assistenzarztes. Die aktuelle Erfahrungsstufe wird für den angemeldeten Nutzer gespeichert. Sobald der Student zu der Simulation zurückkehrt, startet er wieder bei dem zuvor erreichten Level. Darüber hinaus werden dem Studierenden neben der gespeicherten Erfahrungsstufe weitere Informationen, beispielsweise die Anzahl der behandelten Patienten, angezeigt. Dadurch wird gewährleistet, dass die Studenten ihren Simulator-Fortschritt zu jeder Zeit vergleichen können.



Abbildung 1: Screenshot des immersiven Patientensimulators ALICE

### 3.2 Didaktische Konzeption einer unfallchirurgischen Präsenzlehreinheit des immersiven Patientensimulators ALICE nach dem sechsstufigen Modell nach Kern

Die didaktische Konzeption der unfallchirurgischen Lehreinheit von ALICE folgt dem sechsstufigen Modell nach Kern zur Entwicklung von medizinischen Curricula. Bei dem „Curriculum Development for Medical Education“ handelt es sich um ein mehrstufiges Verfahren, das von der Konzeption bis zur endgültigen Implementierung im medizinischen Curriculum reicht. Dabei beinhaltet das Curriculum neben Lerninhalten insbe-

sondere Lernprozesse, Lernziele und den eigentlichen Durchlauf der Lerneinheit. Die schematische Darstellung (Abbildung 2) des im deutschsprachigen Raum verwendeten Begriffs des „Kern`schen Zyklus“ zeigt die gegenseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Schritte im Zyklus. Zusammengefasst ist der Kern-Zyklus bei der Implementierung der computerbasierten und simulationsgestützten Lehre ein wichtiges didaktisches Instrument [52].

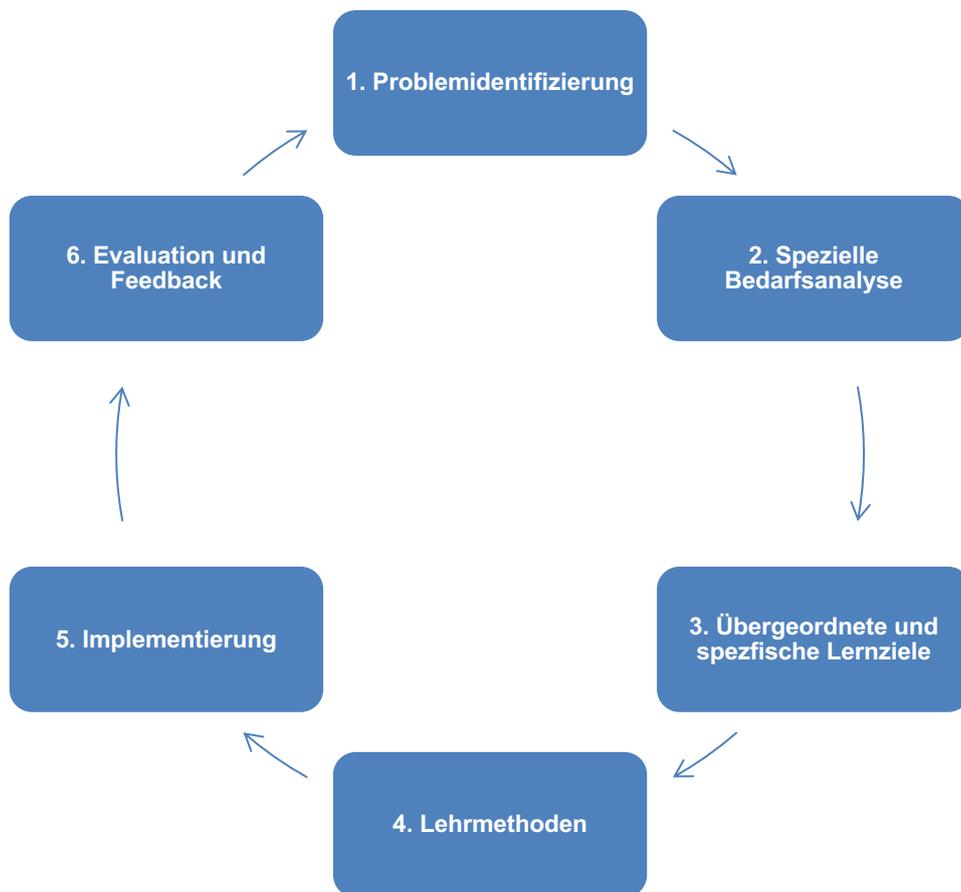


Abbildung 2: Lernzyklus nach Kern (eigene Darstellung)

### 3.2.1 Schritt 1: Problemidentifizierung sowie allgemeine Bedarfsanalyse („Problem Identification and General Needs Assessment“)

Im ersten Schritt geht es bei der Neugestaltung einer Lerneinheit um die Identifizierung und Charakterisierung eines grundsätzlichen Problems der bestehenden Lerneinheit („Problem Identification“).

Hierbei werden die Auswirkungen des gegenwärtigen Problems betrachtet und bereits eingeleitete Maßnahmen zu dessen Lösung untersucht. Durch die Formulierung eines eigenen Ansatzes zur Problemlösung leitet sich der allgemeine Bedarf ab.

Um den allgemeinen Bedarf eines universitär basierten und betriebenen IPS-Prototyps zu ermitteln, wurde im ersten Schritt eine systematische Internetrecherche der in Deutschland verfügbaren webbasierten E-Learning Angebote durchgeführt, die Grundlage für Konzeption und Realisierung des unfallchirurgischen Pilotprojets war. Diese wurde bereits als Vorarbeit zu dieser Dissertation vom Doktoranden im Rahmen des zweiten wissenschaftlichen Projekts umgesetzt.

Hierzu wurden zunächst die Internetauftritte aller medizinischen Fakultäten auf E-Learning Inhalte durchsucht. Die Angebote der Chirurgischen Kliniken wurden hinsichtlich Angebot, Umfang, Multimodalität, Interaktionsgrad und maximal erreichbarer Lernmodellstufen ausgewertet. Kliniken mit Internetauftritten ohne Verweis auf E-Learning Angebote wurden kontaktiert und die genannten Variablen abgefragt. Um weitere Angebote zu identifizieren, wurde eine Internetanalyse (Tabelle 3) durchgeführt. Hier wurden neben den gängigen Suchmaschinen auch Metasuchmaschinen benutzt. Diese suchen die Begriffe automatisch in mehreren Suchmaschinen, neben den üblichen (wie zum Beispiel Google) auch in universitären Forschungsdatenbanken, universitären Datenbanken (zum Beispiel KELDAMED) und Pressedatenbanken. Somit konnten insgesamt über 100 Suchmaschinen auf die Zielbegriffe hin durchsucht werden. Es wurden für jede mögliche Kombination der Zielbegriffe jeweils die ersten 100 Einträge betrachtet.

Neben den nationalen E-Learning Angeboten der medizinischen Fakultäten wurde ferner das bestehende chirurgische Curriculum an der Universität zu Köln als weiteres Kriterium miteinbezogen, indem die vom Dekanat veröffentlichten zentralen Evaluationsergebnisse des Fachblocks Chirurgie mit in die allgemeine Bedarfsanalyse einfließen. Die Bedarfsanalyse bildet die Basis, um die definierten Probleme des gegenwärtigen Curriculums zu verbessern [52].

### **3.2.2 Schritt 2: Analyse der Zielgruppe und Ausstattung („Targeted Needs Assessment“)**

Die spezielle Bedarfsanalyse definiert die zukünftige Zielgruppe („targeted learners“) der Lehreinheit unter Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse der Lernenden bezüglich Lehrmethoden, Lehrinhalte sowie Lernumgebungen. Die Abstimmung von

Ausbildungsstand, Vorwissen und Fertigkeiten garantiert eine optimale Anpassung des Lehrinhaltes an die Bedürfnisse der Lernenden, sodass es zu keiner Über- oder Unterforderung kommt [52].

Für das Lern- und Autorensystem *ALICE* war die Zielgruppe der Lernenden durch die studentische Lehre bereits definiert. Gleichzeitig werden im zweiten Schritt die klinik-internen Strukturen mit in die Analyse einbezogen. Hierunter zählen die Ausstattung innerhalb der Klinik („targeted learning environment“) wie zum Beispiel Verfügbarkeit von Computern, Räumlichkeiten sowie weitere Mitarbeiter, die bei der Umsetzung der neuen Lehreinheit assistieren können [52]. Die Verantwortung des Gesamtprojekts von *ALICE* obliegt dem Lehrkoordinator der Chirurgie. Dieser ist ebenfalls für die inhaltliche Ausrichtung verantwortlich. Durchgeführt wurde das unfallchirurgische Pilotprojekt von dem Doktoranden. Weitere Mitarbeiter waren im unfallchirurgischen Modul von *ALICE* nicht involviert. Finanziert wurde das Projekt aus eigenen Mitteln. Förderanträge wurden für die Machbarkeitsstudie nicht gestellt. Es wurde auf bestehende Computer der Klinik für Viszeralchirurgie zurückgegriffen.

### **3.2.3 Schritt 3: Ziele und Absichten („Goals and Objectives“)**

Nach Abschluss der ersten beiden Schritte „Problemidentifizierung und umfassende Bedarfsanalyse“ folgt im nächsten Schritt die Definition der Lernziele. Lernziele gliedern sich in übergeordnete und spezifische Lernziele. Die übergeordneten Lernziele definieren die Langzeitziele der neuen Lehreinheit und bilden die Basis für die Weiterentwicklung der Lehreinheit. Spezifische Lernziele beziehen sich auf die zuvor definierten übergeordneten Lernziele. Durch die Operationalisierung der spezifischen Lernziele kann der Wissenszuwachs durch die neue Lehreinheit überprüft werden. Spezifische Lernziele können sich auf theoretisches Wissen (kognitive Lernziele), praktische Fähigkeiten und Fertigkeiten (psychomotorische Lernziele) sowie die Einstellung der Studierenden (affektive Lernziele) beziehen.

Die im unfallchirurgischen Modul von *ALICE* formulierten Lernziele wurden ferner entsprechend der SMART-Kriterien kategorisiert.

- S** Sind sie **S**pezifisch?
- M** Sind sie **M**essbar?
- A** Sind sie **A**kzeptiert?
- R** Sind sie **R**elevant?
- T** Sind sie **T**erminiert?

Die Taxonomie zur Beurteilung der Kompetenzebenen der unfallchirurgischen Lehreinheit orientiert sich am Modell der Miller-Pyramide (Abbildung 3) [42] sowie an den Vorgaben des Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalogs Medizin (NKLM 2015). Der NKLM gibt eine Richtlinie zum Kompetenzerwerb im Medizinstudium vor. Die Kompetenzebenen des Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalogs Medizin untergliedern sich in:

- Faktenwissen (Ebene 1)
- Handlungs- und Begründungswissen (Ebene 2)
- Handlungskompetenzen (Ebene 3a und Ebene 3b) (Abbildung 4).

Die unfallchirurgischen *ALICE*-Module beurteilen die Kompetenzebenen nach dem Konzept der Miller-Pyramide sowie des NKLMs in:

- Ebene 1 (Faktenwissen: Deklaratives Wissen: Der Student kann Fakten nennen/knows.)
- Ebene 2 (Handlungs- und Begründungswissen: Der Student kann Sachverhalte und Zusammenhänge erklären/knows how.)
- sowie teilweise in Ebene 3 (Handlungskompetenz 3a: Der Student kann das Erlernte unter Anleitung selbst durchführen und demonstrieren/shows how. Beurteilung durch den virtuellen Lehrer in simuliertem Setting).
- Die letzte Ebene (Handlungskompetenz 3b: Der Student kann das Erlernte selbstständig durchführen und demonstrieren/does.) baut auf der vorhergehenden auf und im Rahmen des Bedside Teaching oder Skills Lab Training wird das Erlernte gefestigt.

Zum Erreichen von Lernzielen und zum Erwerb von Kompetenzen ist in der universitären Lehre Feedback von großer Bedeutung. Lernziele müssen für die Lernenden klar definiert sein. Als wichtiger Bestandteil der neuen virtuellen Lehreinheit ist das individuelle qualitative Feedback zu nennen. Sowohl in den Phasen des individuellen Selbststudiums im Rahmen der virtuellen Nachbesprechung als auch in dem sich anschließenden Seminar der Nachbesprechung als Gruppendiskussion wurde auf das Feedback-Modell von Hattie zurückgegriffen [22]. Zu Beginn der Lehreinheit wurden die Lernziele für die Studierenden klar definiert. Nachdem zu Anfang der Simulation ein Einstiegsfall absolviert wird, misst der anschließende Prä-Test das Vorwissen. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Fragen richtig oder falsch beantwortet wurden. Primär geht es um das spielerische Ausprobieren, Arbeiten und Lernen, bevor eine qualitative Rückmeldung erfolgt. Der Lernprozess folgt einem systematischen Ablauf nach standardisierten Arbeitsabläufen, die im klinischen Alltag einen großen Stellenwert einnehmen. Studierende können spielerisch diese strukturierten Abläufe erlernen und anwenden. In der Phase der Selbstregulation können die Lernenden ihren Lernprozess reflektieren. In der Nachbesprechung mit dem virtuellen Lehrer wird den Teilnehmern der optimale Diagnostik- und Therapiealgorithmus präsentiert. Offengebliebene Fragen können anschließend in der Gruppendiskussion geklärt werden.

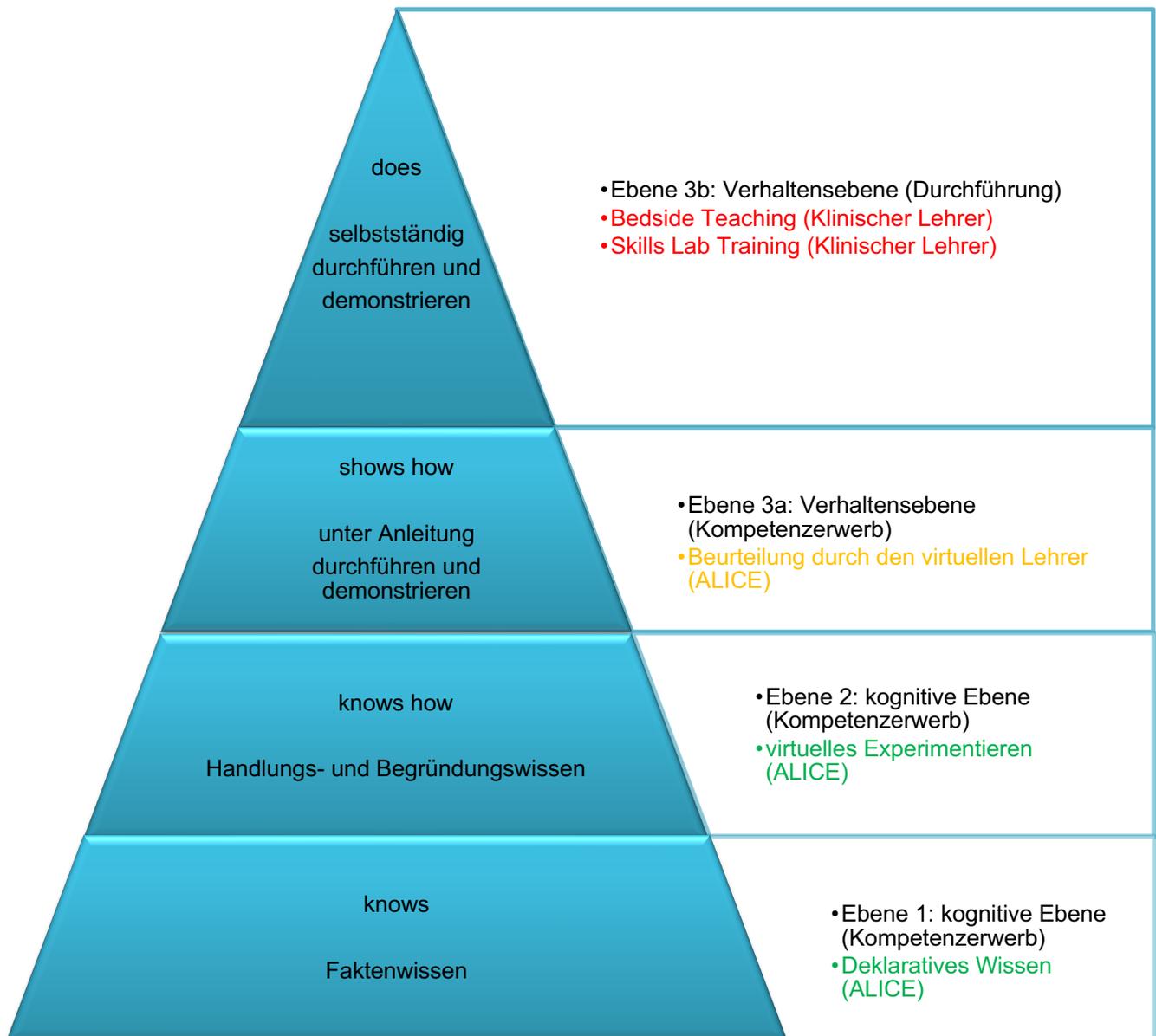
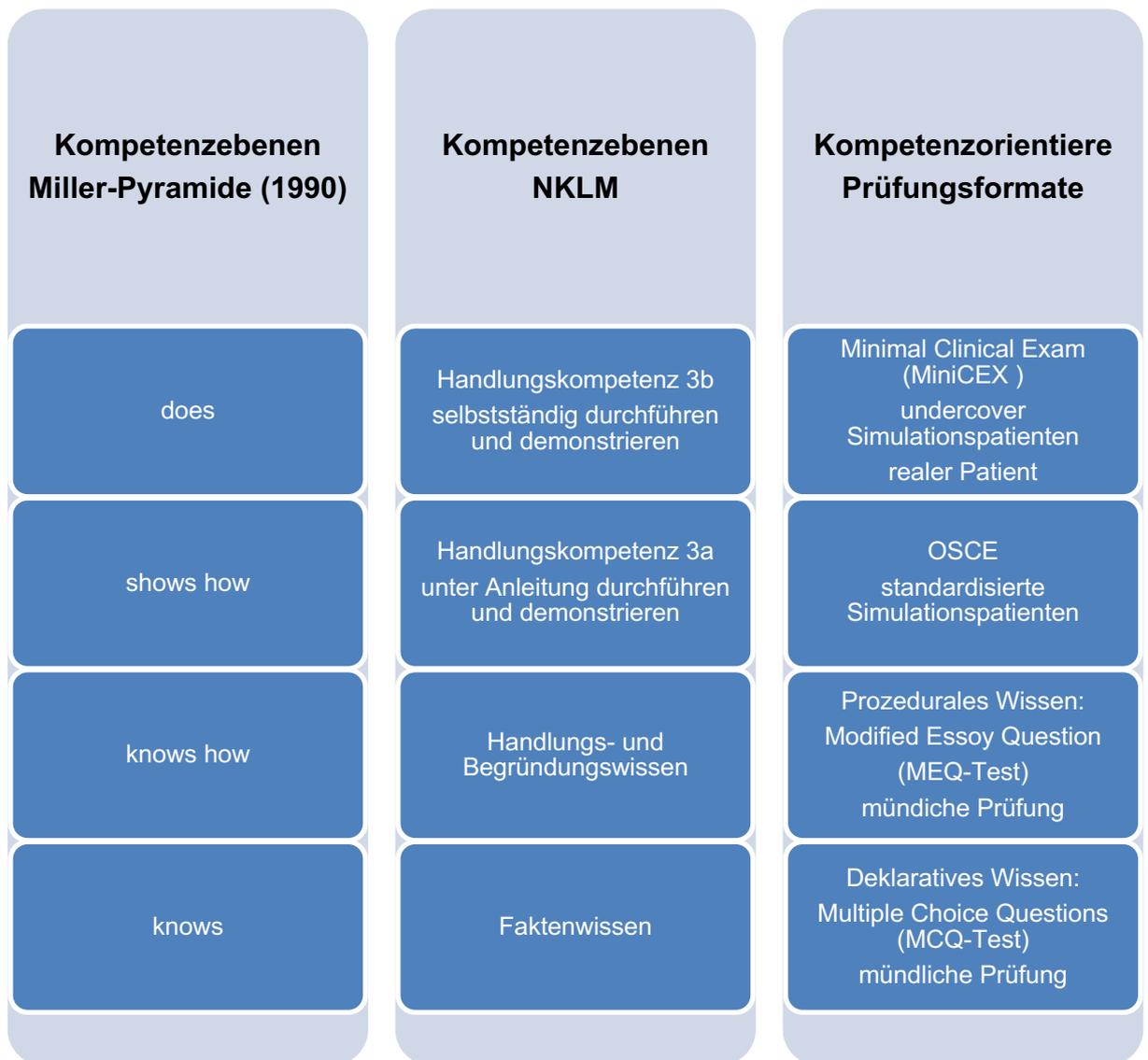


Abbildung 3: Die unfallchirurgische Präsenzlehreinheit basiert auf dem Konzept der Miller-Pyramide (modifiziert nach MILLER, 1990)



**Abbildung 4: Kompetenzebenen des NKLM im Vergleich zur Miller-Pyramide mit den entsprechenden korrespondierenden Prüfungsformaten, angelehnt an den Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog der Medizin von 2015 (eigene Darstellung)**

### 3.2.4 Schritt 4: Lehrmethoden („Educational Strategies“)

Die Entwicklung der Lehrmethoden und Lehrformate dient der Umsetzung der in Schritt 3 definierten Lernziele und Kompetenzen. Dabei müssen die Ergebnisse der zuvor erfolgten Bedarfs- und Zielgruppenanalyse sowie die Lernziele und Kompetenzen in der Entwicklung der Lehrmethode berücksichtigt werden [52].

Um einen möglichst großen Lernerfolg für die Neuausrichtung einer unfallchirurgischen Lehrereinheit zu erzielen, wurden im ersten Schritt wichtige und relevante Lehrmethoden der modernen Lehrforschung herausgearbeitet und im nächsten Schritt entsprechend ihrer Eignung für das Blended Learning Konzept untersucht. Das Erreichen von Lern-

zielen und Kompetenzentwicklungen höherer Taxonomiestufen erfordert eine Kombination unterschiedlicher Lehrmethoden. Die für die unfallchirurgische Pilot-Lehreinheit verwendeten Lehrmethoden werden im Folgenden dargestellt.

### **Inverted Classroom Model**

Das Inverted Classroom Konzept zählt zum Blended Learning [53]. Kognitive Lernziele niedriger Taxonomie wurden zuvor durch klassischen Frontalunterricht im bisherigen chirurgischen Curriculum in Form von Vorlesungen vermittelt. Die Vermittlung kognitiver Lernziele höherer Taxonomie finden durch die neugeschaffene Lehreinheit in Form des E-Learnings im Eigenstudium (Selbstlernphase) statt. Durch *ALICE* werden die Lerninhalte ortsunabhängig, individuell und im eigenen Lerntempo anhand von digitalen Lernmaterialien in einer obligatorischen Selbstlernphase der eigentlichen Präsenzveranstaltung vorangestellt. Im Anschluss an das E-Learning Modul folgt die Präsenzlernphase in Form einer Nachbesprechung im Kleingruppenunterricht. Verständnisprobleme und Wissenslücken, die von dem virtuellen Lehrer in der Selbstlernphase nicht berücksichtigt wurden, werden durch den speziell auf die Fälle geschulten Tutor beantwortet. Hiermit schließt sich der Kreis des Blended Learning Konzeptes. Die Themen des Gruppenunterrichtes beziehen sich eins-zu-eins auf die vordefinierten Lernziele der simulierten Fälle. Durch die Nachbesprechung in der Seminargruppe werden die kognitiven Lernziele gefestigt [53].

### **Modifiziertes Sandwich-Modell**

Das Sandwich-Modell wurde bei der Umsetzung der Pilot-Lehreinheit in einer abgewandelten und entsprechend der digitalen Anwendbarkeit in modifizierter Form für das unfallchirurgische Modul von *ALICE* integriert. Wahl bezeichnet die alternierenden Lernphasen als Gelenkstellen [54]. Bei der Konzeption von *ALICE* wurden keine intermittierenden wechselnden Phasen des Lernens, wie von Wahl beschrieben, durchgeführt [54]. Der Wechsel des individuellen Lernens zum kollektiven Lernen erfolgte nur einmal nach Abschluss der Simulation in der Nachbesprechung mit dem Tutor. Ebenfalls wurde nicht gemäß des Sandwich-Modells das Fachwissen durch Frontalunterricht vermittelt, sondern durch das E-Learning Modul. *ALICE* bildet im Sinne des Sandwich-Modells die individuelle Lernphase zur Gewinnung eines Arbeitsgedächtnisses. Kursabschnitt I-II (Tabelle 9) entspricht Gelenkstelle A und dient dem Einstieg in die Lernveranstaltung. Sie soll die Aufmerksamkeit der Studierenden wecken. Gelenkstelle B wird durch die Kursabschnitte III-V (Tabelle 9) abgedeckt und leitet die individuelle

Lernphase mit Vermittlung einer großen Informationsflut ein. Auf Beendigung der Simulation folgt Gelenkstelle C, die zur Rückkehr von der individuellen Lernphase zur kollektiven Lernphase hinführt. Gelenkstelle C entspricht dem Curriculumsabschnitt VI (Tabelle 9). Der Transfer von theoretischem Wissen in praktische Fertigkeiten wird im Kursabschnitt VII (Tabelle 9) durchlaufen und bildet mit Gelenkstelle D den Abschluss des modifizierten Sandwich-Modells.

### **3.2.5 Schritt 5: Implementierung („Implementation“)**

Eine erfolgreiche Neuimplementierung einer Lehreinheit bedarf intakter Strukturen. Hierunter fallen die Ressourcen Personal, Zeit und Räumlichkeiten. Idealerweise verfügt das Lehrprogramm über ausreichend qualifiziertes Personal, das sowohl Lerninhalte als auch organisatorische Aufgaben übernehmen kann. Speziell beim Einsatz virtueller Patientensimulatoren ist eine optimale Infrastruktur Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung. Um kritische Bereiche im curricularen Ablauf oder die Akzeptanz der Lernenden bei der Einführung einer neuen Lehrmethode zu überprüfen, dient die Pilot-Phase. Hierbei wird die neuartige Lehreinheit zunächst nur einer kleinen Gruppe zugänglich gemacht, die der Einführung positiv gegenüber eingestellt ist. Dieser kleine Kreis an Lernenden evaluiert die Lehrmethode. Die gewonnenen Rückmeldungen dienen einer Überarbeitung und Verbesserung für die endgültige Einführung [38].

Bei der gesamten Implementierung des unfallchirurgischen Moduls handelt es sich um eine Pilotstudie. Das *ALICE*-Modul ist bisher eine fakultative Veranstaltung und richtet sich an interessierte Studierende, die das Modul freiwillig absolvieren. Aufgrund der Limitation der Arbeitsplätze ist das Angebot jedoch auf eine gewisse Anzahl von Teilnehmern beschränkt. Freiwilligkeit garantiert eine seriöse Teilnahme zur Gewinnung valider Daten.

### **3.2.6 Schritt 6: Evaluation und Rückmeldung („Evaluation and Feedback“)**

Mit dem sechsten und letzten Schritt „Evaluation and Feedback“ endet der Kern-Zyklus. Hierbei soll die Frage beantwortet werden, ob die definierten Lernziele (Schritt 3) durch das Curriculum erreicht wurden. Ein neues Curriculum sollte nach dem erstmaligen Durchlauf einer schriftlichen und mündlichen Evaluation unterzogen werden, um Schwächen, Stärken und Verbesserungen aufzudecken und in die Neuüberarbeitung des Curriculums einzubringen. Teilnehmende Studierende („Participants“) erhalten

eine Beurteilung ihrer eigenen Lernleistung und können abschließend eine Evaluation und Feedback des Curriculums geben. Ebenfalls ist bei schriftlichen Evaluierungen die Rückgabe der Evaluationsbögen äußerst wichtig. Daher bietet sich an, die Evaluation fest in das Lehrkonzept zu integrieren [52].

Für die Auswertung des selbsterstellten *ALICE*-Evaluationsbogens bezüglich Akzeptanz, Effektivität und praktische Anwendbarkeit des unfallchirurgischen Präsenz-Moduls, den jeder Teilnehmer nach Beendigung des Simulationsmoduls auszufüllen hatte (Anhang 1), kam eine Likert-Skala zur Anwendung. Die verwendete Likert-Skala besteht aus insgesamt 5 „Items“. Diese „Items“ werden entsprechend einer Zustimmung beziehungsweise Ablehnung eingestuft.

Die Validierung wurde gemäß der Konsensleitlinien für die Validierung von chirurgischen Virtual-Reality-Simulatoren beurteilt [7].

<b>Schritte des Kern-Zyklus</b>		<b>Entwicklungsschritte der Lehreinheit</b>
1	Problemidentifikation	Internetrecherche zu bestehenden E-Learning Konzepten an deutschen medizinischen Fakultäten
2	Spezielle Bedarfsanalyse	Herausarbeiten der Defizite des bisherigen Curriculums Herausarbeiten des Bedarfs an modernen Lehrkonzepten im Sinne der „Generation Z“
3	Lernziele	Definition von Lernzielen
4	Lehrmethoden	Recherche und Identifikation von modernen und effektiven Lern- und Lehrmethoden
5	Implementierung	Pilotierung der Lehreinheit mit 25 freiwilligen Teilnehmern ab April 2016
6	Evaluation und Feedback	Evaluation der Lehreinheit mittels selbsterstelltem Fragebogen

**Tabelle 1: Entwicklungsschritte der unfallchirurgischen *ALICE*-Präsenzlehreinheit**

### **3.3 Konzeption einer unfallchirurgischen Distanzlerneinheit des immersiven Patientensimulators *ALICE***

#### **3.3.1 Allgemeines Studiendesign**

Neben der didaktischen Konzeption und Implementierung von *ALICE* in eine unfallchirurgische Präsenzlehreinheit nach dem sechsstufigen Modell nach Kern wurde der Simulator-Prototyp zusätzlich als Distanzlerneinheit pilotiert. *ALICE* verfolgt das Ziel, allen Medizinstudenten an jedem Ort und zu jeder Zeit zur Verfügung zu stehen. Bisher wurde keine Studie bezüglich der Eignung von *ALICE* im Distanzlernen durchgeführt.

#### **3.3.2 Rekrutierung der Probanden**

Die Teilnehmer der Studie wurden aus PJ-Studenten (6. klinisches Semester) während ihres chirurgischen Tertials sowie aus Famulanten (3. klinisches Semester) an der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Tumorchirurgie rekrutiert.

#### **3.3.3 Konzeption, Ablauf und Validierung der unfallchirurgischen Distanzlerneinheit**

##### **3.3.3.1 Konzeption und Ablauf**

Die Konzeption sowie der medizinische Inhalt (Tabelle 4) der Distanzlerneinheit entsprechen dem unfallchirurgischen Modul im IPS-Framework von *ALICE* (Kapitel 4.2). Als einziger Unterschied zu den vorherigen Modulen können in der unfallchirurgischen Distanzlerneinheit von *ALICE* nur medizinisch indizierte Diagnostiken durchgeführt werden. Sollte der Nutzer eine medizinisch nicht indizierte Untersuchung anfordern, wurde ihm bisher ein Normalbefund in der jeweiligen Diagnostik präsentiert. In diesem Modul wurde diese Funktion modifiziert, indem der Hinweis auf eine falsche Indikationsstellung gegeben wurde.

Zur häuslichen Nutzung des unfallchirurgischen Simulator-Prototyps wurde der IPS auf einen USB-Stick übertragen. Der USB-Stick wurde an interessierte PJ-Studenten und Famulanten der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Tumorchirurgie verteilt, die die konzipierten unfallchirurgischen Lernfälle am eigenen PC ohne vorherige Einführung in das Patientensimulationsprogramm durchlaufen mussten.

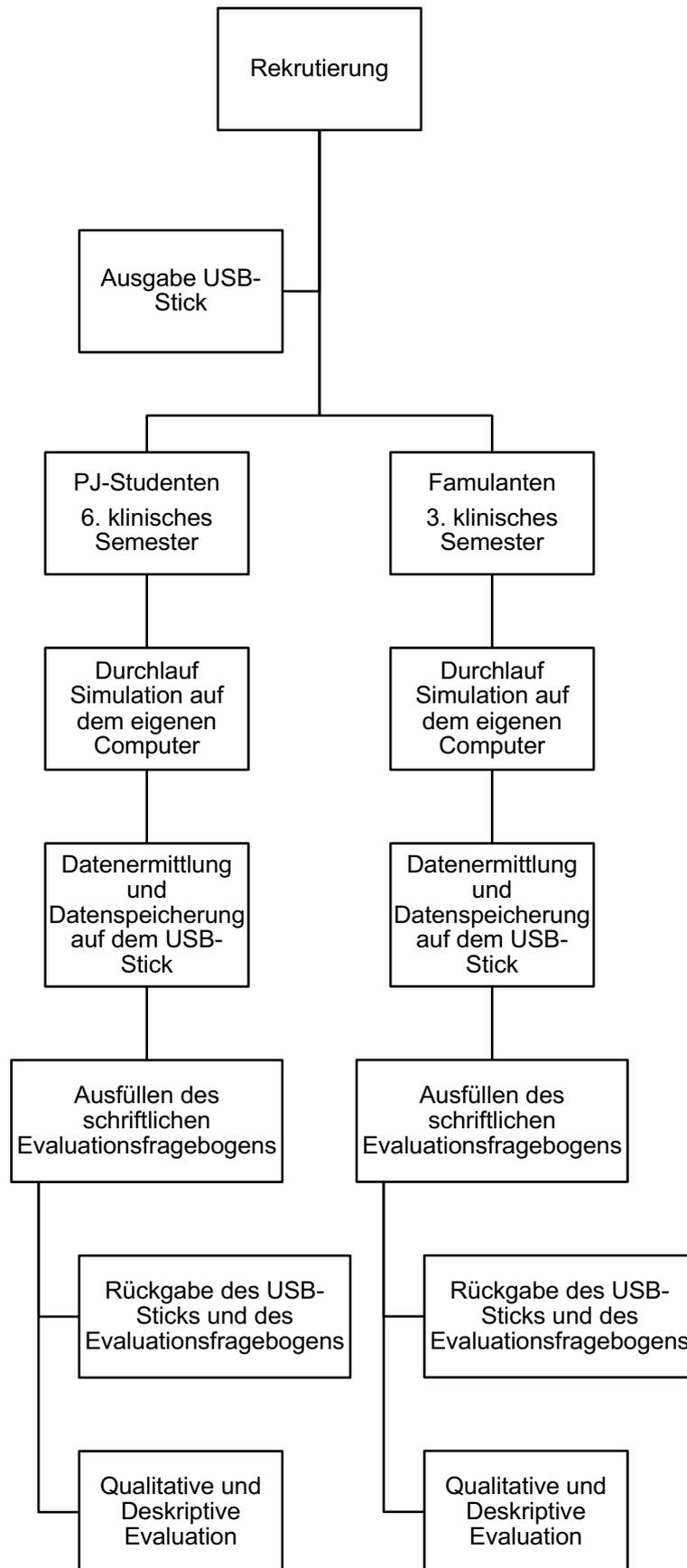


Abbildung 5: Ablaufplan der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit

### **3.3.3.2 Validierung**

Die Meinung der Studenten bezüglich Akzeptanz, Effektivität und die praktische Anwendbarkeit im Distanzlernen wurde mit Hilfe eines selbsterstellten Fragebogens bestimmt, den jeder Teilnehmer nach Beendigung der Simulator-Sitzung auszufüllen hatte (Anhang 2).

Der Einfluss der Simulator-Nutzung auf die Vorhersagevalidität (Deklaratives Wissen) wurde mithilfe der aus dem Präsenzmodul bekannten Multiple-Choice-Fragen (Anhang 3) zu Beginn (Prä-Test) und nach Durchlauf (Post-Test) der Simulation gemessen.

Die Konstruktvalidität (Deklaratives Wissen) als ein Maß für den Einfluss von Vorwissen auf die Performance wurde durch den Vergleich der PJ- und Famulatur-Gruppe im Prä- und Post-Test bestimmt.

Zusätzlich soll eine erste Validierung des Simulator-Prototyps aufzeigen, ob die Benutzung Einfluss auf die Inhaltsvalidität (Prozedurenwissen) hat. Hierzu wurden folgende Parameter für die jeweilige PJ- und Famulatur-Gruppe definiert:

1. Benötigte Zeit zur Lösung der Fälle 2 und 4
2. Überflüssige Klicks bei den Fällen 2 und 4
3. Unnötig durchgeführte Diagnostik bei den Fällen 2 und 4
4. Korrekte Diagnose und Therapie der Fälle 2 und 4

Der Simulator speichert anonymisiert die vordefinierten Parameter auf dem USB-Stick und ermöglicht anschließend die detaillierte Auswertung der Ergebnisse.

Die Validierung erfolgte wie im Präsenzmodul gemäß der Konsensleitlinien [7].

## **3.4 Statistik**

Für die statistische Auswertung der Evaluationsfragen zum unfallchirurgischen Simulator-Prototyp bezüglich Akzeptanz und Studentenmeinung wurden sowohl die relativen Häufigkeiten als auch die Mittelwerte ausgewertet. Dazu wurden die Antworten der Likert-Skalen nach Punkten klassifiziert (1: „Stimme voll und ganz zu“, 2: „Stimme zu“, 3: „Stimme teilweise zu“, 4: „Stimme nicht zu“, 5: „Stimme gar nicht zu“). Die Simulator-

Performance wurde mit Hilfe des  $t$  Tests (Inhaltsvalidität) ausgewertet. Um Signifikanzen im Wissenszuwachs festzustellen (Prä- und Post-Test der Multiple-Choice-Fragen), wurde der  $t$  Test zur Analyse der Studenten-Performance (Vorhersagevalidität und Konstruktvalidität) angewandt. Die statistischen Daten und Berechnungen wurden mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS (Version 15.0., SPSS Software GmbH, München, Germany) ermittelt. Ein  $p$ -Wert unter 0,05 wurde als signifikant festgelegt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Allgemeine Bedarfsanalyse: E-Learning Angebote der deutschen Universitätskliniken

Alle 36 deutschen chirurgischen Fakultäten (100%) sind zum Zeitpunkt der Untersuchung an ein klinikinternes Lernmanagementsystem angebunden und bieten daher in unterschiedlichem Ausmaße E-Learning Angebote an. 13 von 36 Fakultäten (36%) haben zudem die chirurgischen Vorlesungen kategorisiert nach dem Vorlesungsverzeichnis als herunterladbare Videos hinterlegt. Hinsichtlich der Multimodalität zeigte sich, dass 28 von 36 Fakultäten (78%) Video- und Audiofiles bereitstellen und somit auch die Durchführung von einfachen praktischen Fähigkeiten bildlich und kommentiert erklären können. Interaktive Inhalte finden sich bei 12 von 36 Fakultäten (33%). Bezüglich Umfangs und Aufbereitung der Inhalte ist das Angebot heterogen. Einige Fakultäten stellen nur einzelne Abschnitte des Lehrangebotes bereit, während andere Fakultäten systematisch aufbereitete Lehrangebote anbieten. 32 von 36 Fakultäten (89%) distribuieren den Lehrinhalt ausschließlich über das Lernmanagementsystem, 4 Fakultäten betreiben dezidierte Webangebote mit multimodalen online- Lehrbüchern in unterschiedlicher Darstellungsqualität. So haben die chirurgischen Universitätskliniken der Universität Würzburg ([www.elearning-chirurgie.de](http://www.elearning-chirurgie.de)) und der Charité ([www.chilearning.charite.de](http://www.chilearning.charite.de)) webbasierte multimediale Lehrbuchangebote mit professioneller Aufarbeitung der Inhalte zu den großen Themenkomplexen der Allgemein- und Viszeralchirurgie und Unfallchirurgie (NESTOR). Die Verknüpfungen von Text, Zeichnungen, radiologischen Befunden und intraoperativen Bildern in Bild und Video ist für jeden Studenten der jeweiligen Universität frei zugänglich und vermitteln anschaulich theoretisches Wissen. Bezüglich des Interaktionsgrades beschränken sich die Angebote auf das Level der Demonstration, wobei die Studenten der Charité einen interaktiven Wissenstest als Selbstkontrolle durchführen können. Ein weiteres multimediales E-Learning Angebot wurde an der chirurgischen Klinik der TU München etabliert ([Klinikmanual Chirurgie](http://Klinikmanual.Chirurgie)). Hier wird ebenfalls die Verknüpfung eines Online-Lehrbuches mit Bildern und 3D Grafiken angeboten. Die Universität Witten ist an einem sehr beliebten E-Learning Portal beteiligt. Dieses Portal für die OP-Lehre ([www.webop.de](http://www.webop.de)) wird in Zusammenarbeit mit der Industrie erstellt und Operationen multimedial (Text, Bild, Video, Ton) aufbereitet. Dieses Angebot spricht neben Studenten auch Weiterbildungsassistenten an. Eine Interaktion mit den Inhalten ist nicht möglich, jedoch kann der Benutzer selbst Inhalte hinzufügen. Einen höheren Interaktionsgrad bietet das An-

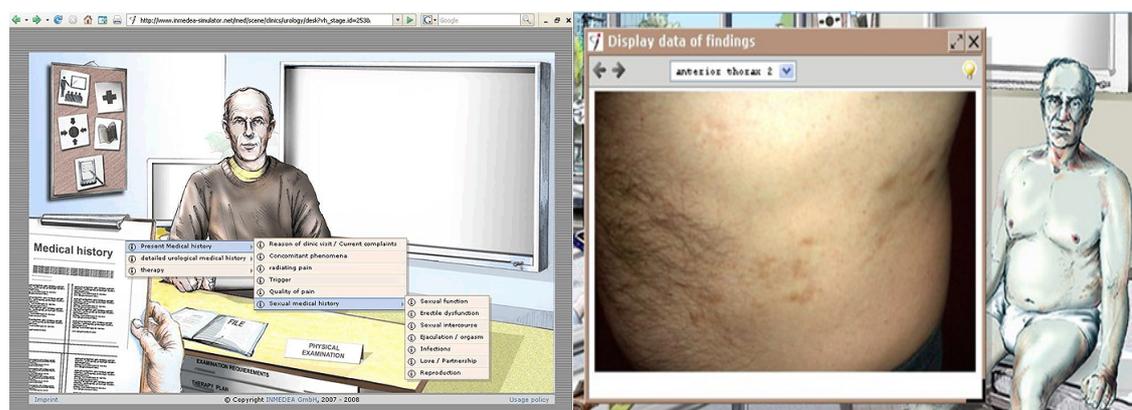
gebot der chirurgischen Klinik der Universität Göttingen, indem der Student acht virtuelle Patienten im Sinne eines Quiz anamnestizieren und diagnostizieren kann. Die Angebote der Universitäten Freiburg, Münster, Berlin und Erlangen erreichen das Interaktionslevel der Simulation. Hier wird ein interaktiver Patientensimulator ([www.inmedea.com](http://www.inmedea.com)) eingesetzt (Abbildung 6). Der softwarebasierte Simulator kann von den Kliniken im Sinne eines Autorenprogramms verwendet werden, um Fälle zu erstellen, die dann von den Studenten über das Internet bearbeitet werden können. Darin wird ein virtuelles Krankenhaus dargestellt, in welchem der Student virtuelle Patienten behandeln kann. Durch das Generieren chirurgischer Szenarien kann der Student technische Untersuchungen anordnen, bekommt Bilder von klinischen Befunden und muss sich die Diagnose erarbeiten. Der Interaktionsgrad ist hier auf dem Level der Simulation. Durch das spielerische Erarbeiten klinischer Szenarien lassen sich standardisierte Abläufe der Befunderhebung und Einschätzung von Befundkonstellationen repetitiv üben. Ausgewählte Angebote sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

<b>(Meta)- Suchmaschinen</b>	<b>Durchsuchte Suchmaschinen</b>
www.google.de	1
www.metagear.de	50
www.metacrawler.de	37
www.ixquick.de	>25
<b>Suchbegriff I</b>	<b>Suchbegriff II</b>
Elektronisches Lernen	Chirurgie
E-Learning	OP
elearning	Surgery

**Tabelle 2: Internetanalyse zu E-Learning Angeboten an deutschen Universitätskliniken**

<b>Ausgewählte universitäre E-Learning Angebote für die chirurgische Ausbildung</b>	
<b>Multimediale Angebote</b>	
Universität Würzburg	www.elearning-chirurgie.de
Charité Berlin	www.chilearning.charite.de
TU München	www.klinikmanual.de
Universität Witten Herdecke	www.webop.de
<b>Simulationen</b>	
Inmedea Simulator „web based“	Uniklinik Freiburg
Inmedea Simulator Präsenzveranstaltung	Uniklinik Tübingen
Inmedea Simulator Präsenzveranstaltung	Uniklinik Münster
Inmedea Simulator Präsenzveranstaltung NESTOR	Charité

**Tabelle 3: Internetanalyse zu E-Learning Angeboten an deutschen Universitätskliniken**



**Abbildung 6: Screenshot des Inmedea Simulator (CompuGroup Medical, Koblenz, Deutschland)**

## **4.2 Medizinischer Inhalt: Konzeption des unfallchirurgischen Moduls im IPS-Framework von ALICE**

Der Beginn des unfallchirurgischen Pilotprojektes bestand in der Konzeption der Lernfälle zu den Kernthemen der Unfallchirurgie. Die Themenkomplexe der vier virtuellen Fälle bezogen sich auf repräsentative Frakturmorphologien der Unfallchirurgie, die täglich in Notfallambulanzen behandelt werden. Zusammen mit der proximalen Humerus- und der distalen Radiusfraktur zählt die proximale Femurfraktur als hüftgelenksnahe Fraktur zu den häufigsten vorkommenden Frakturen.

Die Inzidenz der proximalen Humerusfraktur des Erwachsenen liegt jährlich bei 105 bis 342 pro 100.000 Einwohner [6].

Die distale Radiusfraktur ist die häufigste Fraktur des Menschen, wobei die Colles Fraktur etwa 25% aller Frakturen ausmacht. Die Inzidenz beträgt bei Frauen über 35 Jahren 368 pro 100.000 Einwohner und 90 pro 100.000 Einwohner bei Männern [44].

Die proximale Femurfraktur repräsentiert eine typische osteoporosebedingte Fraktur des älteren Menschen. Mit zunehmendem Alter steigt die Inzidenz exponentiell an. Im Jahr 2014 wurden insgesamt 108.134 proximale Femurfrakturen in Deutschland behandelt, wobei 54% Schenkelhalsfrakturen und 46% pertrochantäre Femurfrakturen waren [32].

Die konzipierten Lernfälle sind reale anonymisierte klinische Fälle, die in der Klinik für Unfallchirurgie behandelt wurden. Eine multimediale Aufbereitung der virtuellen Fälle mit Hinzufügen der entsprechenden klinischen radiologischen Bildgebung in den IPS-Framework von ALICE erfolgte über den speziellen Lernmodul-Editor. Deklaratives Hintergrundwissen wurde anhand aktueller Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU) sowie der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) erstellt und musste im Anschluss für jedes einzelne Krankheitsbild gezielt multimedial aufgearbeitet werden. Die Flussdiagramme der korrekten Diagnose- und Behandlungsalgorithmen dienen als Vorlage zur Analyse studentischer Leistung (Abbildung 7). Das entsprechende deklarative Hintergrundwissen wurde von einem erfahrenen Facharzt für Chirurgie supervidiert. Die Simulator-Leistung der Studenten wird direkt nach dem Durchlauf der Simulation überprüft, indem der virtuelle Lehrer die individuellen Leistungen zusammenfasst. Der Nutzer erhält eine detaillierte und individuelle Auswertung seiner zuvor gewählten Handlungsalgorithmen, Diagnosen und Therapien. Abschließend fasst der virtuelle Lehrer das entsprechende deklarative Wissen zusammen und präsentiert den optimalen Diagnostikalgorithmus. Jeder Fall

endet mit der Nachbesprechung, in der mit einer Video-Präsentation die operative Therapie dem Nutzer vorgestellt wird.

Fall	Krankheitsbild
1	Humeruskopffraktur
2	Distale Extensionsfraktur Typ Colles (Konservative Therapie)
3	Proximale Femurfraktur
4	Distale Extensionsfraktur Typ Smith (Reposition mit anschließender operativer Versorgung)

**Tabelle 4: Übersicht der simulierten Fälle im unfallchirurgischen ALICE-Modul**

### **Fall 1: Humeruskopffraktur**

Fall 1 beginnt mit einer kurzen Patientenvorstellung. Es wird eine Dame nach Sturz auf den rechten Oberarm in der unfallchirurgischen Notfallambulanz vorstellig. Die Patientin klagt über starke Schmerzen im Bereich des rechten proximalen Oberarms. Ferner ist ein deutliches auslaufendes Hämatom nach distal zu erkennen. Die Studierenden können zwischen den Optionen **Anamnese, körperlicher Untersuchung und Diagnostik** wählen. Es gibt bei dem unfallchirurgischen Modul keine Einschränkungen in der Reihenfolge der jeweiligen Optionen oder Beschränkungen in den Diagnostiken. Die Studierenden können zwischen allen Optionen frei wählen. Sobald die Studierenden die richtige Diagnose der **Humeruskopffraktur** stellen, können die entsprechenden Untersuchungen durchgeführt und der Fall beendet werden. Daran schließt sich die Nachbesprechung mit dem virtuellen Lehrer an. Dem Studierenden wird auf einer Lernkarte der optimale Behandlungsalgorithmus und das operative Vorgehen per OP-Video präsentiert.

### **Fall 2: Distale Extensionsfraktur Typ Colles**

Im zweiten unfallchirurgisch konzipierten Fall wird das Krankheitsbild der distalen Extensionsfraktur Typ Colles thematisiert. Es wird ein männlicher Patient in der Notfallambulanz vorgestellt, der nach Sturz auf die dorsalextendierte Hand über Schmerzen im Bereich des distalen Radius links klagt. Nach Erhebung der Krankengeschichte (Schmerzanamnese, spezifische Funktionsstörungen) wird dem Studierenden das klinische Bild eines nach dorso-radial abgeknickten Handgelenkes präsentiert. Ferner zeigt sich eine deutliche Schwellung der Weichteile sowie eine schmerzhafte Bewegungseinschränkung des Handgelenks. Daran anschließend erfolgt die virtuelle systematische Untersuchung des Handgelenkes. Ferner sollen bei der körperlichen Untersuchung mögliche Begleitverletzungen erkannt werden. Im Anschluss daran sind die Probanden angehalten, sich Gedanken bezüglich einer Verdachts- und Differentialdiagnose zu machen. Nach richtiger Verdachtsdiagnose wird die körperliche Untersuchung beendet. Darauf folgt der diagnostische Algorithmus. Die Ergebnisse der durchgeführten Diagnostik werden den Probanden angezeigt. Die vom Studierenden gewählten Röntgenbilder müssen vom Probanden selbstständig befundet werden.

Nach der Zusammenschau aller vorliegenden Befunde muss die Diagnose **distale Extensionsfraktur Typ Colles** gestellt werden. Zuletzt muss die adäquate Therapie mit der Gegenüberstellung konservative versus operative Therapie eingeleitet werden. Der Fall schließt mit der Nachbesprechung durch den virtuellen Lehrer ab. Auf einer Lernkarte wird eine Zusammenfassung mit dem optimalen Behandlungsalgorithmus dargestellt. Besonderen Wert in der Nachbesprechung wird auf die Einteilung der Frakturen nach Morphologie entsprechend der AO-Klassifikation gelegt, die im klinischen Alltag einen hohen Stellenwert besitzt. Die Nachbesprechung endet mit der operativen Intervention per OP-Video.

### **Fall 3: Proximale Femurfraktur**

Im nächsten Fall wird ein älterer Patient durch den Rettungsdienst vorstellig, der auf die rechte Hüfte gefallen ist. Der Patient klagt über Schmerzen in der rechten Hüfte. Klinisch imponiert ein nach außenrotiertes und verkürztes Bein. Im Anschluss erfolgt der Durchlauf der Simulation mit der körperlichen Untersuchung und der entsprechenden Diagnostik. Bei der durchgeführten Diagnostik müssen die Studierenden zwischen Femurkopffrakturen, Oberschenkelhalsfrakturen, pertrochantären Femurfrakturen und subtrochantären Frakturen unterscheiden, da jede

der Frakturtypen einer anderer therapeutischen Intervention bedarf. Bei dem konzipierten Fall wird das häufige Bild der Alterstraumatologie einer perthrochantären Fraktur behandelt [32]. Nachdem die richtige Diagnose gestellt wurde, schließt sich die Nachbesprechung an. Darin werden von dem virtuellen Lehrer ausführlich alle Einteilungen der proximalen Femurfrakturen mit der entsprechenden operativen Versorgung besprochen (Indikation zur Hüft-TEP, Duokopfprothese, kurzer Gammanagel versus langer Gammanagel). In den OP-Videos finden sich ebenfalls alle operativen Interventionen wieder.

#### **Fall 4: Distale Extensionsfraktur Typ Smith**

Im letzten Fall wird wieder ein männlicher Patient in der Notfallambulanz vorgestellt, der nach Sturz auf die palmarflektierte linke Hand über Schmerzen im Bereich des distalen Radius links klagt. Im Gegensatz zum ersten Fall zeigt sich eine Dislokation nach palmar. Das weitere klinische Bild entspricht Fall 2. Der weitere Ablauf der Simulation folgt dem identischen Vorgehen wie in Fall 2.

#### **Diagnostik (konventionelles Röntgen/CT)**

In den konzipierten Fällen folgt nach Krankengeschichte und klinischer Untersuchung die Präsentation der bildgebenden Verfahren. Anhand der radiologischen Diagnostik werden die Studierenden aufgefordert, eine Verdachtsdiagnose zu stellen. Nach der anschließenden korrekten Diagnosestellung wird das identische radiologische Bild erneut mit Markierungen der entsprechenden Pathologien präsentiert. Im Anschluss können die Nutzer eine Therapieempfehlung geben. Abschließend werden fallspezifische Bilder nach osteosynthetischer Versorgung demonstriert und durch begleitende Informationen zum Goldstandard der Therapie ergänzt.

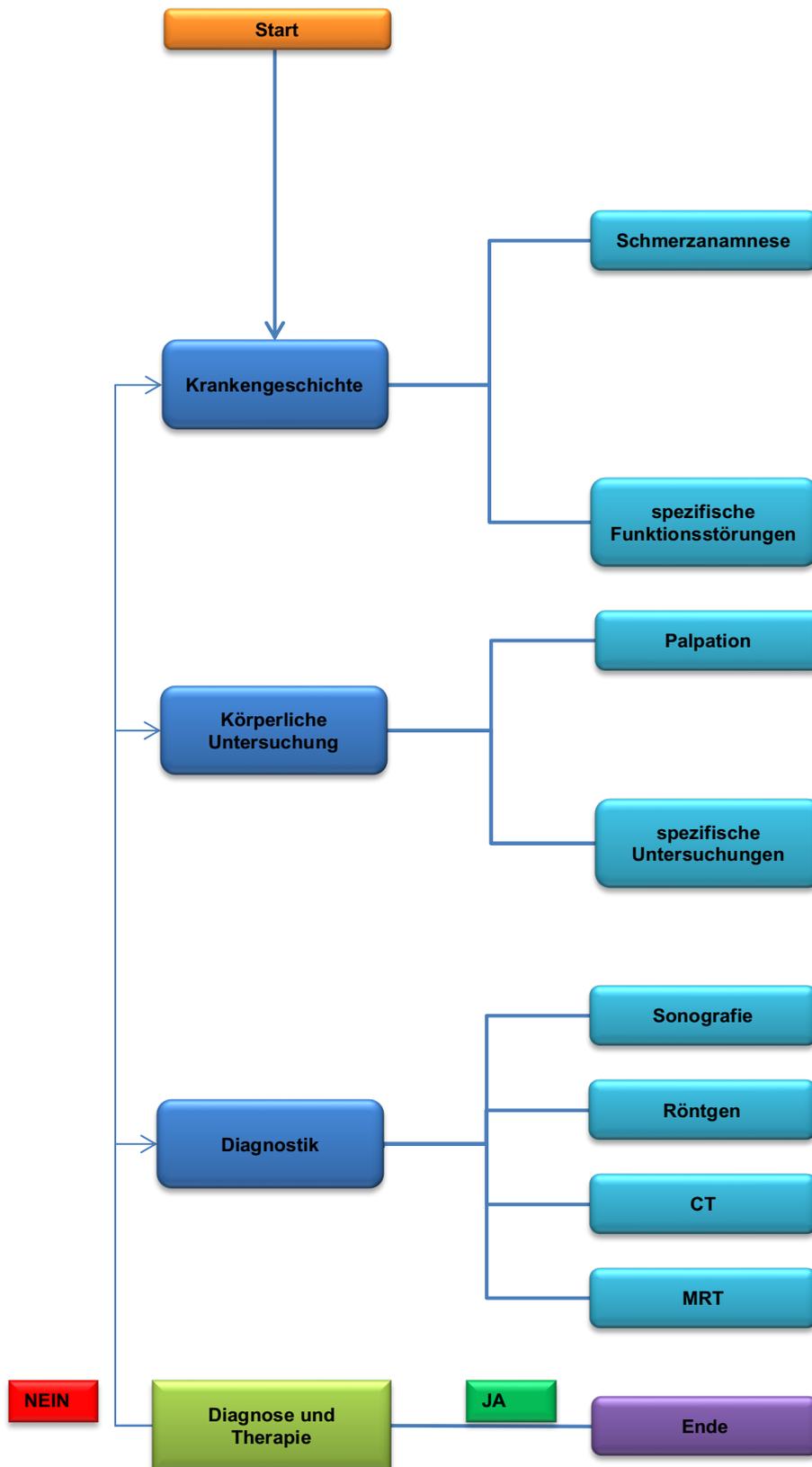


Abbildung 7: Behandlung nach dem optimalen Algorithmus für das unfallchirurgische ALICE-Modul (Die hell- und dunkelblauen Elemente können frei gewählt werden.)



Abbildung 8: Krankengeschichte nach dem optimalen Algorithmus des unfallchirurgischen ALICE-Moduls



Abbildung 9: Körperliche Untersuchung nach dem optimalen Algorithmus des unfallchirurgischen ALICE-Moduls

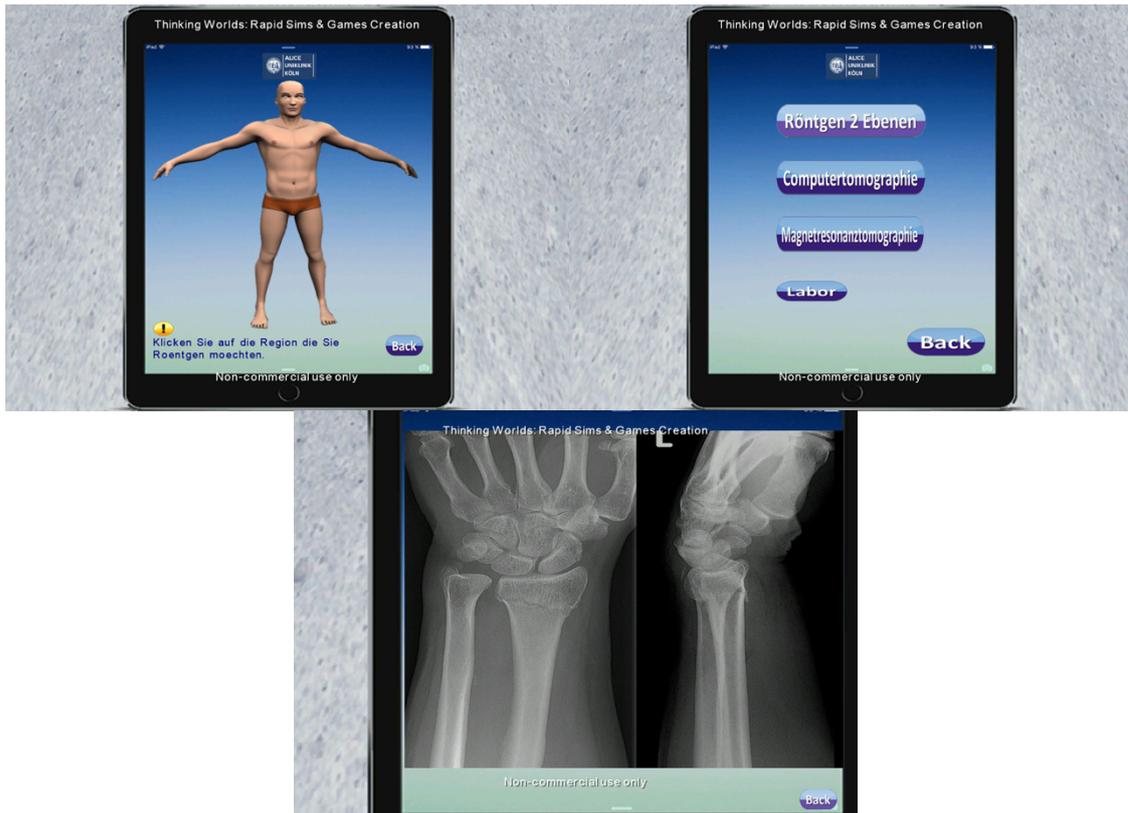
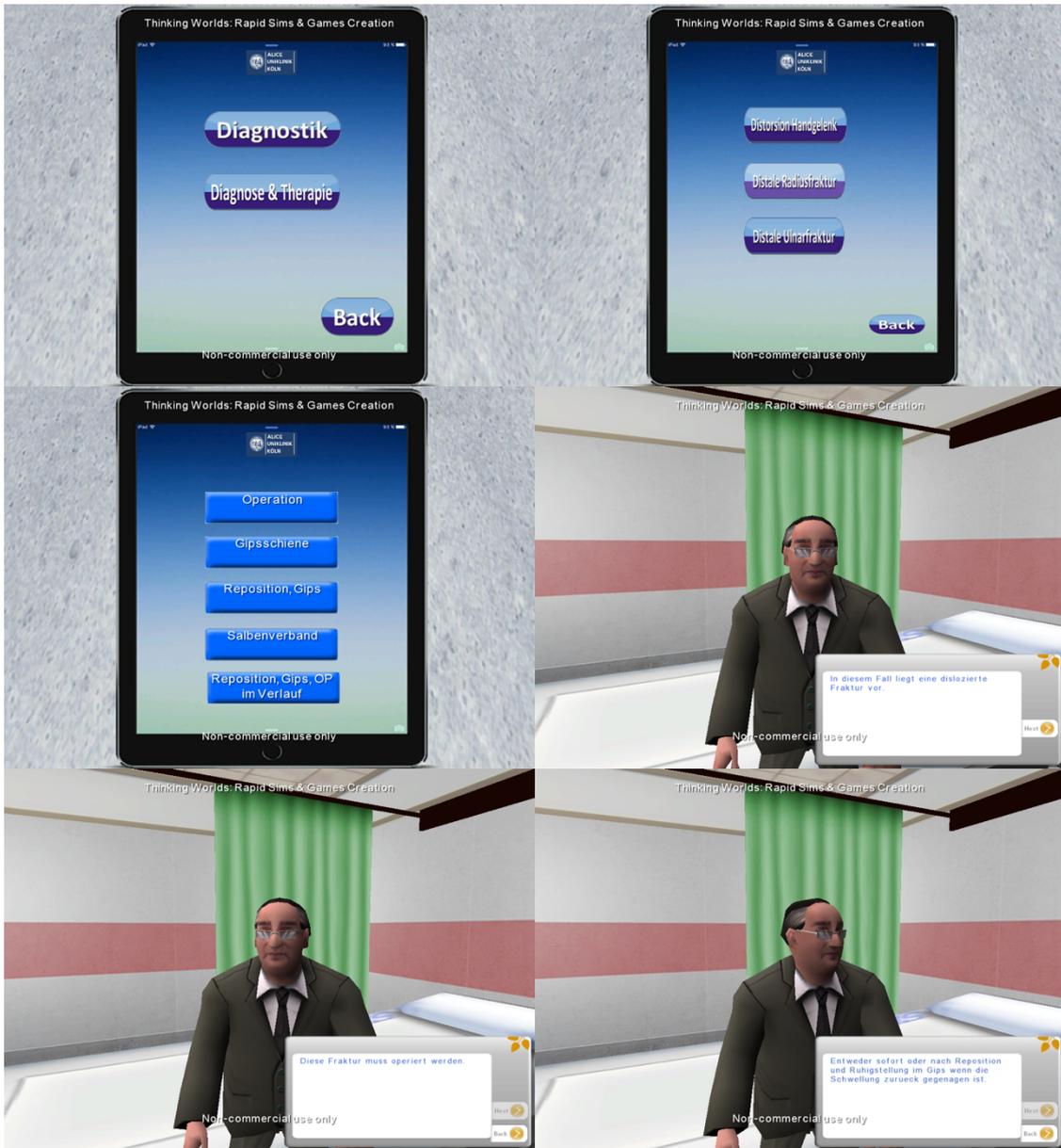


Abbildung 10: Diagnostik nach dem optimalen Algorithmus des unfallchirurgischen ALICE-Moduls



**Abbildung 11: Diagnose und Therapie nach dem optimalen Algorithmus des unfallchirurgischen ALICE-Moduls**

## **4.3 Umsetzung der Machbarkeitsstudie zum ersten Einsatz des unfallchirurgischen Lernmoduls in einer unfallchirurgischen Präsenzlehreinheit nach dem sechsstufigen Kern-Zyklus**

### **4.3.1 Allgemeine Bedarfsanalyse und Problemidentifikation**

Aktuell existiert weltweit kein IPS, der hohe technische Qualität mit profundem medizinischen Inhalt verbindet und zudem frei zugänglich für Studenten ist. Die überwiegende Anzahl der immersiven Patientensimulatoren wird von kommerziellen Unternehmen entwickelt und betrieben und steht somit nur gegen hohe Abgebühren zur Verfügung, sodass hier ein großer Bedarf in der studentischen Lehre herrscht.

In den vom Studiendekanat zu Beginn der Planungsphase veröffentlichten Lehrevaluationen für den Fachblock Chirurgie zeigte sich über vier Semester eine durchschnittliche bis unterdurchschnittliche Bewertung des Fachblocks Chirurgie mit weiter abnehmender Tendenz (Tabelle 5, Tabelle 6). Die an den Lehrkoordinator übermittelten freien Kommentare unterstrichen zusätzlich den enormen Bedarf einer Reformierung des bisherigen chirurgischen Curriculums.

An der medizinischen Fakultät der Universität zu Köln gab es zu Beginn der vorliegenden Arbeit keine Überarbeitung der bisherigen Curricula in den großen Kernfächern. Wie in der Einleitung bereits beschrieben, existierte ebenfalls an der gesamten Universität zu Köln kein interaktives E-Learning Modul. Das chirurgische Curriculum folgt über viele Semester dem gleichen Ablauf. Durch die Lehrdozenten konnten in den praktischen Übungen und Prüfungen große Defizite in der Anamneseerhebung sowie bei der körperlichen Untersuchung beobachtet werden. Auch zeigte sich, dass nicht alle Elemente des Kursheftes Chirurgie während des gesamten Blockpraktikums den Studierenden angeboten wurden. Zusammenfassend ist zu sagen, dass nicht jedem Studenten standardisierte Lehre geboten wurde, sodass der Lernerfolg stark von Praktikumsgruppe und zugewiesenen Dozenten divergierte.

In die Problemidentifikation flossen die bisherigen Eindrücke des Lehrverantwortlichen und die Erfahrungen des Doktoranden mit ein, der den Fachblock Chirurgie bereits absolvierte und so seine persönlichen, aus Studentensicht gewonnenen Erkenntnisse, weitergeben konnte. Stärken und Schwächen sowie die mögliche Neuausrichtung des Curriculums wurden in einem Brainstorming zusammengefasst und schrittweise erörtert. Auch mehrte sich im studentischen Feedback nach Abschluss des allgemeinchirurgischen- und onkologischen Moduls der Wunsch, einen Patientensimulator für das

gesamte chirurgische Curriculum (Viszeral-, Unfall-, Herz- und Gefäßchirurgie) zu implementieren.

Zur didaktischen Konzeption und Neuausrichtung der unfallchirurgischen Lehreinheit wurde gemäß der modernen Medizindidaktik der Kern-Zyklus angewandt. Der Kern-Zyklus gilt seit mehr als 20 Jahren als anerkanntes Modell und als global verbreitete Methode speziell für die Planung und Entwicklung innovativer Lehr- und Lernmethoden im Gesundheitswesen. Durch die wiederholende Reevaluation der sechs sich beeinflussenden und aufeinander aufbauenden einzelner Stufen garantiert der Kern-Zyklus im Vergleich zu anderen didaktischen Modellen eine größere Variabilität und stetige Optimierung in der Lehrplanung (Abbildung 2).

Ranking	Fach- /Querschnittsblock	SoSe12		WS12/13		Abw.
		Anzahl	∩-Note	Anzahl	∩-Note	∩-Note
22/40	Chirurgie Durchschnitt		2,44		2,34	0,10
	FB Chirurgie (Vorlesung)	77	2,47	68	2,29	0,18
	BP Chirurgie (Blockpraktikum)	33	2,41	72	2,39	0,02
<b>Gesamt-∩:</b>		<b>3.867</b>	<b>2,18</b>	<b>3.862</b>	<b>2,21</b>	<b>-0,03</b>

Tabelle 5: Studentische Veranstaltungskritik Lehrveranstaltungen im Modellstudiengang Humanmedizin im Wintersemester 2012/2013  
(Quelle: <https://medfak.uni-koeln.de/studium-lehre/studiengaenge/humanmedizin/rund-ums-studium/semesteruebergreifend/veranstaltungskritik> (Zuletzt abgerufen am 25.08.2021))

Ranking	Fach- /Querschnittsblock	WS14/15		SoSe15		Abw.
		Anzahl	∩-Note	Anzahl	∩-Note	∩-Note
40/44	Chirurgie Durchschnitt		2,37		2,62	-0,25
	FB Chirurgie (Vorlesung)	123	2,46	110	2,79	-0,33
	BP Chirurgie (Blockpraktikum)	111	2,27	90	2,44	-0,17
<b>Gesamt-∩:</b>		<b>4.434</b>	<b>2,17</b>	<b>4.678</b>	<b>2,14</b>	<b>0,03</b>

Tabelle 6: Studentische Veranstaltungskritik Lehrveranstaltungen im Modellstudiengang Humanmedizin im Sommersemester 2015  
(Quelle: <https://medfak.uni-koeln.de/studium-lehre/studiengaenge/humanmedizin/rund-ums-studium/semesteruebergreifend/veranstaltungskritik> (Zuletzt abgerufen am 25.08.2021))

### 4.3.2 Bedarfsanalyse der Zielgruppe der Lernenden

Die Zielgruppe der unfallchirurgischen Präsenzlehreinheit bestand aus Studierenden des vorklinischen Studienabschnitts. Die Teilnehmer benötigten für die unfallchirurgische Lehreinheit kein fundiertes Vorwissen bezüglich der Krankheitsbilder. Es wird jedoch eine gewisse Affinität zu modernen Lehr- und Lernkonzepten sowie Interesse für das Fach der Unfallchirurgie vorausgesetzt. In Anbetracht der Limitation der Personalstärke lag das Augenmerk primär auf der Machbarkeit einer unfallchirurgischen Lehreinheit.

### **4.3.3 Lernziele**

#### **4.3.3.1 Übergeordnete Lernziele**

Im nächsten Schritt wurden Langzeitziele formuliert, die maßgeblich für die Entwicklung der unfallchirurgischen Lehrereinheit erforderlich sind. Um diese komplexen Lernziele zu erreichen, bedarf es der Verknüpfung mannigfaltiger Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten aus unterschiedlichen Fachbereichen des vorklinischen und klinischen Studienabschnittes. Aus diesem Grunde ist die longitudinale Integration von verschiedenen Fachdisziplinen, insbesondere aus dem Bereich der Anatomie, Radiologie und Chirurgie in die Lehrereinheit erforderlich. Insgesamt soll durch die Einführung des unfallchirurgischen *ALICE*-Moduls der Lernerfolg sowie die Studentenzufriedenheit gesteigert und das Interesse für eine fachärztliche Ausbildung in Zeiten von Personal-mangel in diesem Bereich geweckt werden.

#### **4.3.3.2 Spezifische Lernziele**

Die Lerntiefe wird entsprechend der Taxonomie nach Bloom durch unterschiedliche Schwierigkeitsstufen der Lernziele mit Hilfe von bestimmten Verben definiert.

Des Weiteren folgt die Lernzielzuordnung den Kompetenzebenen 1-3b entsprechend des Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalogs Medizin.

##### Allgemeiner Teil:

- Der Student ist in der Lage, im virtuellen Beispiel eigenständig eine symptombezogene Anamnese durchzuführen.

##### Spezieller Teil:

- Siehe Tabelle 7, Seite 48

<b>Lernziel</b> <b>Lernzielstufe</b> <b>Kompetenzebene NKLM</b>			<b>Anmerkung</b>
<b>Kognitiv</b> <b>1</b> <b>1</b>	Faktenwissen Deklaratives Wissen Fertigkeiten beschränken sich auf Basiswissen	Der Student kann im Röntgenbild die jeweilige Fraktur benennen.	
		Der Student kann sichere und unsichere Frakturzeichen benennen.	
		Der Student kann die Ätiologie der jeweiligen Fraktur benennen.	
		Der Student kann mit Hilfe der Anamnese sowie der klinischen Untersuchung eine Verdachtsdiagnose entsprechend der Frakturmorphologie benennen.	
<b>Kognitiv</b> <b>2</b> <b>2</b>	Handlungs- und Begründungswissen Deklaratives Wissen	Der Student kann das unfallchirurgische Krankheitsbild erklären und nach einem festen Diagnostikalgorithmus die adäquate Therapie (OP vs. Konservativ) beschreiben.	
<b>Kognitiv</b> <b>3</b> <b>2</b>	Handlungs- und Begründungswissen Deklaratives Wissen	Der Student kann mögliche Komplikationen und Differentialdiagnosen einordnen.	
<b>Kognitiv</b> <b>4</b> <b>2</b>	Handlungs- und Begründungswissen Erwerb von Prozedurenwissen	Der Student kann die klinische Untersuchung, Diagnostik, Therapie und Differentialdiagnosen der unfallchirurgischen Krankheitsbilder in der Nachbesprechung im Kleingruppenunterricht diskutieren.	
<b>Psychomotorisch</b> <b>1-4</b> <b>3a/3b</b>	Handlungskompetenz Umsetzen des Prozedurenwissens	Der Student kann die zielgerichtete körperliche unfallchirurgische Untersuchung im unfallchirurgischen Untersuchungskurs nachmachen, einüben, kombinieren und anschließend selbstständig durchführen.	Grad der Koordination der Psychomotorischen Lernziele durch ALICE nicht messbar
<b>Affektiv</b>	Grad der Verinnerlichung der affektiven Lernziele durch ALICE nicht überprüfbar		

Tabelle 7: Spezifische Lernziele der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit

<b>Smart-Methode</b>	<b>Lernziele</b>
<b>Spezifisch</b>	Der Student ist in der Lage, im virtuellen Beispiel eigenständig die drei häufigsten unfallchirurgischen Pathologien einer geeigneten Therapie zuzuordnen.
<b>Messbar</b>	Die korrekte Diagnose der vier simulierten Kasuistiken sollte schnellstmöglich gestellt werden.
<b>Akzeptiert</b>	Die Studierenden besitzen bewusst kein Vorwissen, um den Lernerfolg durch die E-Learning-Einheit valide beurteilen zu können.
<b>Relevant</b>	Die drei simulierten unfallchirurgischen Krankheitsbilder sind die häufigsten Frakturen in Notaufnahmen. Die Lernziele folgen dem Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog Medizin.
<b>Terminiert</b>	Die kognitiven Lernzielstufen 1-3 der drei simulierten unfallchirurgischen Krankheitsbilder im <i>ALICE</i> -Modul sind nach 30-minütiger E-Learning-Einheit zu erreichen.

**Tabelle 8: SMART-Lernziele der unfallchirurgischen *ALICE*-Präsenzlehreinheit**

#### **4.3.4 Studiendesign der 90-minütigen unfallchirurgischen Präsenzlehreinheit mit Darstellung der Lehrmethoden**

##### Kursabschnitt I: Technische Grundlage

Teil des ersten Kursabschnittes ist die Einführung in das E-Learning Programm in den Kleingruppenunterricht.

- 5 min technische Einführung durch Doktoranden mit Impulsreferat über den technischen Ablauf und virtuelles Experimentieren
- 5 min Fragestellung bezüglich technischer Probleme

## Kursabschnitte II: Prä-Test

Im Anschluss findet der Prä-Test in Form eines Multiple-Choice-Testats (MCQ) statt. Hierbei sind keine Vorkenntnisse erforderlich. Auch ist keine Mindestpunktzahl zu erreichen, um die Simulation zu starten, wobei die Studierenden im Unklaren bleiben, ob die Fragen richtig oder falsch beantwortet wurden (Anhang 3).

- 10 min Prä-Test in Form eines Multiple-Choice-Testats

## Kursabschnitte III: Durchlauf der Simulation

Nach dem Prä-Test erfolgt der eigentliche Durchlauf der Simulation. Hierbei müssen insgesamt vier repräsentative unfallchirurgische Krankheitsbilder erarbeitet werden.

- 30 min E-Learning

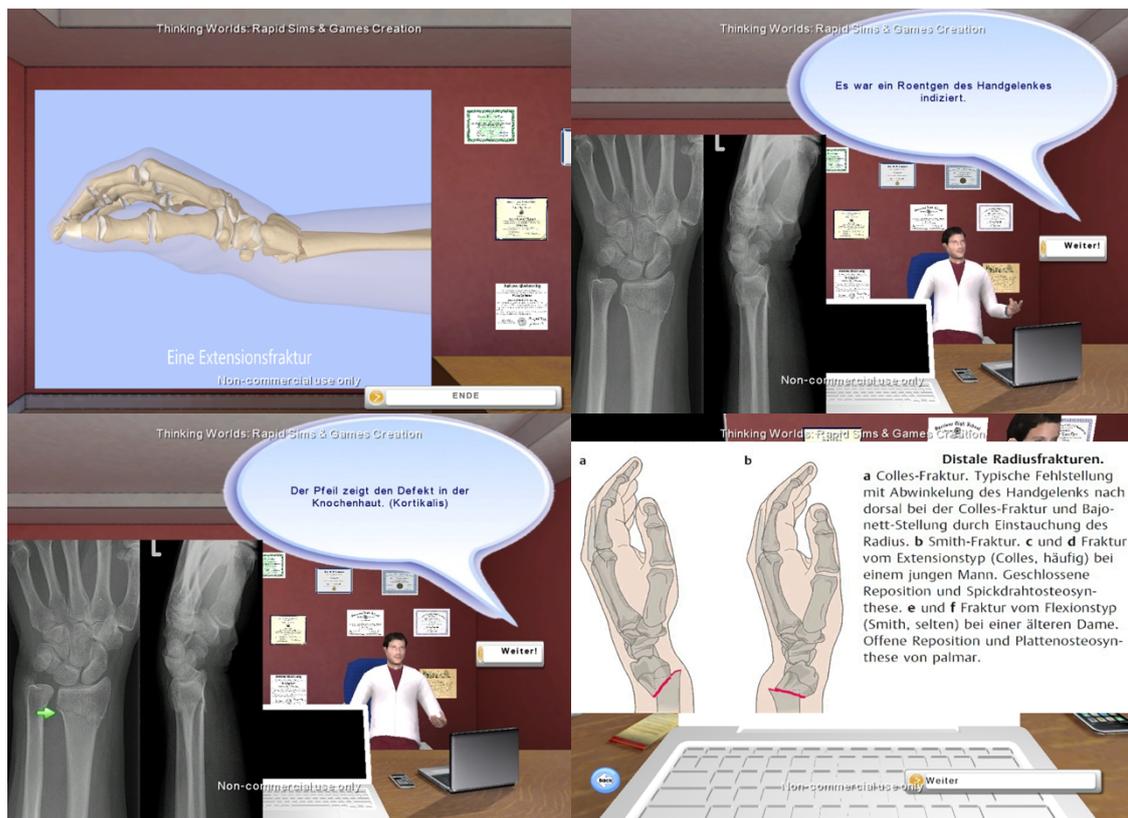
## Kursabschnitte IV: Post-Test

Sobald die Simulation der vier Krankheitsbilder abgeschlossen ist, müssen die Studierenden den Post-Test durchlaufen. Hierbei handelt es sich um die identischen Fragen wie zu Beginn der Simulation (Anhang 3).

- 10 min Post-Test in Form eines Multiple-Choice-Testats

## Kursabschnitte V: virtuelle Nachbesprechung

- Nachbesprechung mit dem virtuellen Lehrer und individuelles Feedback



**Abbildung 12: Screenshot der Nachbesprechung mit dem virtuellen Lehrer des unfallchirurgischen ALICE-Moduls**

## Kursabschnitte VI: Nachbesprechung

- 15 min Auswertung mit Tutor, Gruppendiskussion
- Evaluation durch die Studierenden

## Kursabschnitt VII: Unfallchirurgischer Untersuchungskurs

- 15 min unfallchirurgischer Untersuchungskurs mit Tutor

In dem unfallchirurgischen Modul wurde die Handlungskompetenz nicht am Patientenbett durch das Bedside Teaching vertieft. Die Ebene der Handlungskompetenz wurde durch gegenseitige körperliche Untersuchungen unter den Teilnehmern in Kleingruppen (n=5) durchgeführt.

Kursabschnitt		Veranstaltungsart	Lehrmethode	Kompetenzebene	Prüfungsform
I	Virtuelles Experimentieren	Seminar <i>Blended Learning</i>	-Modifiziertes Sandwich-Modell Gelenkstelle A		
II	Beurteilung deklaratives Vorwissen	E-Learning <i>Blended Learning</i>	-Modifiziertes Sandwich-Modell Gelenkstelle A	knows Faktenwissen	Prä-Test 11 MCQ
III	Durchlauf Simulation	E-Learning Durchlauf der Simulation <i>Blended Learning</i>	-Inverted Classroom Model -Modifiziertes Sandwich-Modell Gelenkstelle B	knows how Handlungs- und Begründungswissen	
IV	Beurteilung erworbenes deklaratives Wissen Aufbau Prozedurenwissen	E-Learning <i>Blended Learning</i>	-Inverted Classroom Model -Modifiziertes Sandwich-Modell Gelenkstelle B	knows how Handlungs- und Begründungswissen	Prä-Test 11 MCQ
V	Festigung Prozedurenwissen	E-Learning mit virtueller Nachbesprechung <i>Blended Learning</i>	-Inverted Classroom Model -Modifiziertes Sandwich-Modell Gelenkstelle B -Feedback	knows how Handlungs- und Begründungswissen	
VI	Festigung Prozedurenwissen	Seminar <i>Blended Learning</i> Studentische Evaluation	-Inverted Classroom Model -Modifiziertes Sandwich-Modell Gelenkstelle C -Feedback	knows how Handlungs- und Begründungswissen	
VII	Transfer deklaratives Wissen in Prozedurenwissen	Unfallchirurgischer Untersuchungskurs <i>Blended Learning</i>	-Inverted Classroom Model -Modifiziertes Sandwich-Modell Gelenkstelle D	Does Handlungskompetenz unter Anleitung durchführen und demonstrieren können  selbstständig durchführen und demonstrieren können	

**Tabelle 9: Blueprint des IPS-Frameworks der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit**

## 4.4 Ergebnisse der Studie zum ersten Einsatz des unfallchirurgischen Lernmoduls in einer unfallchirurgischen Präsenzlehreinheit

### 4.4.1 Studiendesign

Die unfallchirurgische Präsenzlehreinheit wurde erstmalig ab April 2016 über vier Semester mit insgesamt 25 Medizinstudenten der Universität zu Köln auf freiwilliger Basis pilotiert (Studentenkollektiv: 7 männliche und 18 weibliche Studierende) (Abbildung 13). Die Rekrutierung der Probanden erfolgte durch Aushang und über den zentralen E-Mail-Verteiler des Modellstudiengangs. Das unfallchirurgische Präsenzmodul von *ALICE* war in keine Lehrveranstaltung der medizinischen Fakultät integriert, sondern agierte unabhängig vom chirurgischen Curriculum. Alle Studierenden befanden sich im vorklinischen Studienabschnitt (1. Vorklinisches Semester n=17; 2. Vorklinisches Semester n=8). Das Alter der 25 Teilnehmer lag zum Zeitpunkt der Studie zwischen 18 und 25 Jahren, das Durchschnittsalter bei 20.28 Jahren (SD 1.79). Die Teilnehmer wurden auf insgesamt 5 Gruppen verteilt (Gruppe I-V (n=5)). Nach Abschluss der virtuellen Lehreinheit leitete der Doktorand unter Supervision des Lehrkoordinators sowohl den Kleingruppenunterricht zur Nachbesprechung als auch den unfallchirurgischen Untersuchungskurs zur Festigung des Prozedurenwissens und für den praktischen Erwerb der Handlungskompetenzen 3a/b gemäß NKLM.

<b>N=25</b>	<b>Männlich (n = 7)</b>	<b>Weiblich (n = 18)</b>
<b>Alter</b>		
<b>Mittelwert</b>	20.14	20.33
<b>Median</b>	20	20
<b>Range</b>	18-25	18-23
<b>Spannweite</b>	7	5
<b>Standardabweichung</b>	2.23	1.53
<b>Semester</b>		
<b>1. Semester</b>	6	11
<b>2. Semester</b>	1	7

Tabelle 10: Detaillierte Demografie der Probanden in der unfallchirurgischen *ALICE*-Präsenzlehreinheit

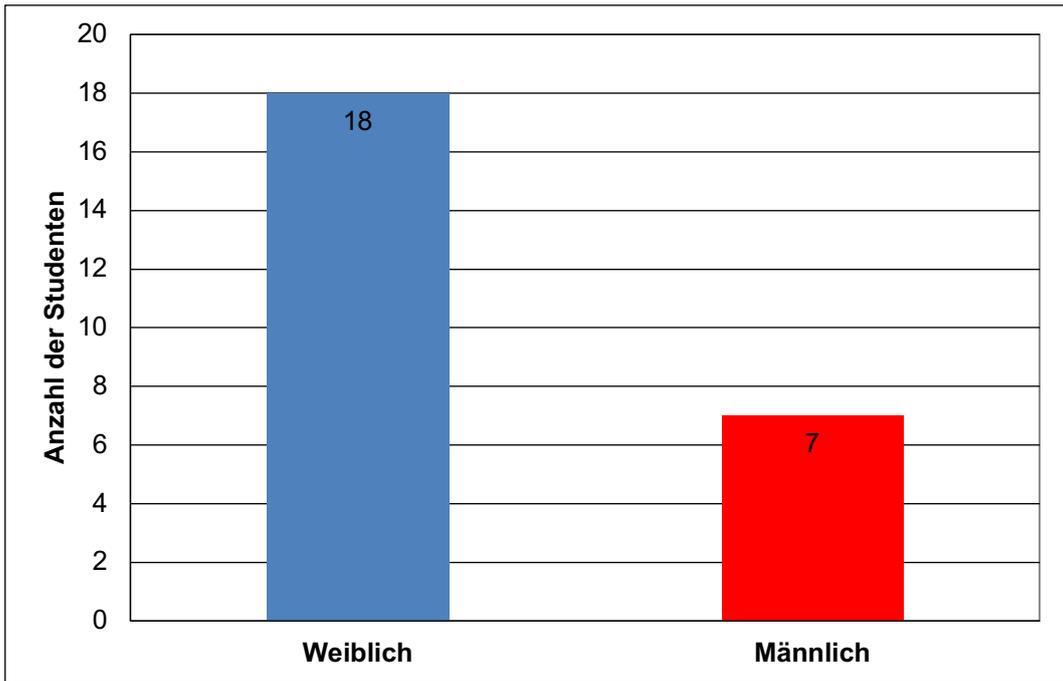


Abbildung 13: Studentenkollektiv der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit

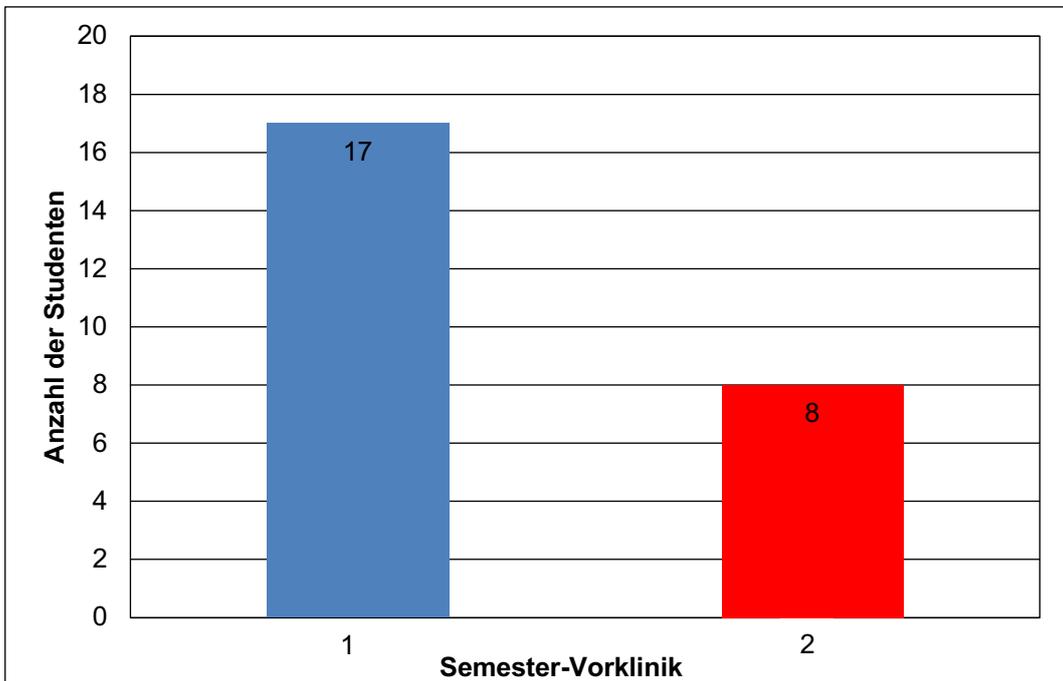


Abbildung 14: Kohortenverteilung der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit

#### 4.4.2 Qualitative Evaluation der unfallchirurgischen *ALICE*-Präsenzlehreinheit

Die Teilnehmer des unfallchirurgischen *ALICE*-Präsenzmoduls wurden nach ihrer Teilnahme auf freiwilliger Basis gebeten, ein schriftliches Feedback der Lehreinheit bezüglich Akzeptanz, Effektivität und Anwendbarkeit zu geben (Anhang 1). Das Lehrmodul wurde von allen 25 Teilnehmern entsprechend des Evaluationsfragebogens schriftlich evaluiert. Die Evaluierungsergebnisse wurden gemittelt und grafisch in Abbildung 15 dargestellt. Im unfallchirurgischen Modul zeigten sich die Studierenden hoch motiviert in Bezug auf das experimentelle Arbeiten im Rahmen eines Blended Learning Konzepts. Das Arbeiten mit *ALICE* begeisterte die Studierenden und die Mehrzahl würde einen solchen Patientensimulator als Lernvorbereitung im klinischen Alltag nutzen, weil sie in diesem eine gute Vorbereitung für die auf sie zukommenden klinischen Anforderungen sehen. Insgesamt hinterließ das neuartige Lehrkonzept einen positiven Gesamteindruck. Die Studierenden zeigten ein normales Verhältnis im Hinblick auf technologische Vorerfahrungen (gewöhnliche technische Alltagsnutzer). Den Lerngewinn schätzten die Studierenden durch den IPS als besonders hoch ein. Ein weiteres Merkmal, das beobachtet werden konnte, ist die Tatsache, dass die Teilnehmer des unfallchirurgischen Präsenzmoduls als Hauptlernmedium in der Vorklinik die klassische von den Instituten empfohlene Literatur in Form von Lehrbüchern verwenden und nicht auf alternative Lehrmaterialien zurückgreifen.

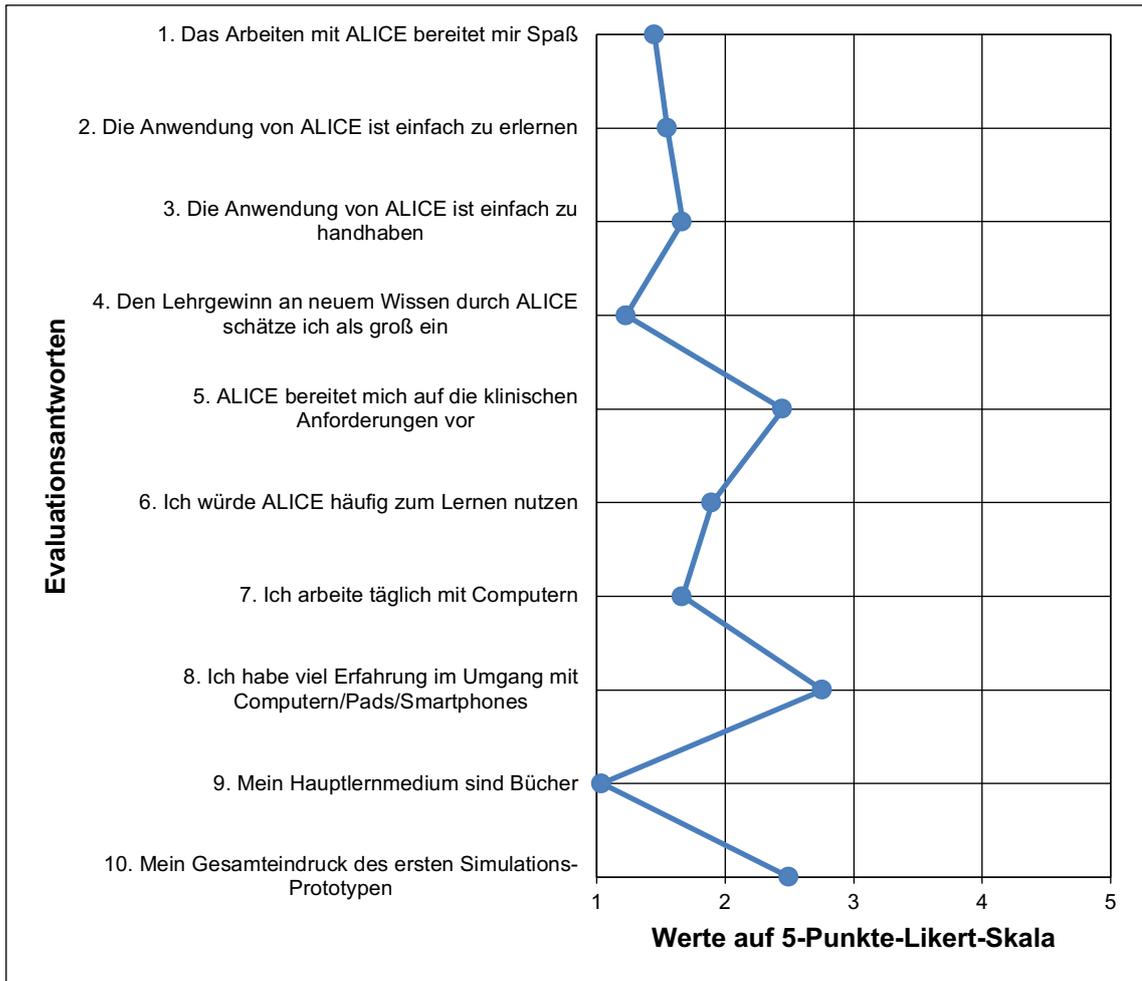


Abbildung 15: Mittelwerte der qualitativen Evaluation des Lernangebotes der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit

#### 4.4.3 Deskriptive Evaluation der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit

##### 4.4.3.1 Deklaratives Wissen (Vorhersagevalidität)

Vorhersagevalidität ist ein wichtiger und entscheidender Parameter für die Beurteilung der Qualität eines Simulators [17, 34].

Um bei dem unfallchirurgischen Präsenz-Pilotprojekt von ALICE die Vorhersagevalidität zu testen, wurde der Einfluss der Simulator-Nutzung auf das deklarative Wissen gemessen. Insgesamt wurden den Probanden 11 Multiple-Choice-Fragen zu den vier unfallchirurgischen Krankheitsbildern (Anhang 3) zu Beginn und nach Durchlauf der Simulation gestellt. Bei den Prä- und Post-Fragen handelte es sich um identische Fra-

gen. Sowohl den Prä-Test als auch den Post-Test füllten alle teilnehmenden Studenten aus. Der Mittelwert für den Prä-Test betrug 5.16 sowie 7.48 für den Post-Test. Der Vergleich der Mittelwerte aus den Prä- und Post-Tests im *t* Test für abhängige Stichproben zeigte eine signifikante Verbesserung ( $p < 0,001$ ) nach Abschluss der Simulation (Abbildung 16).

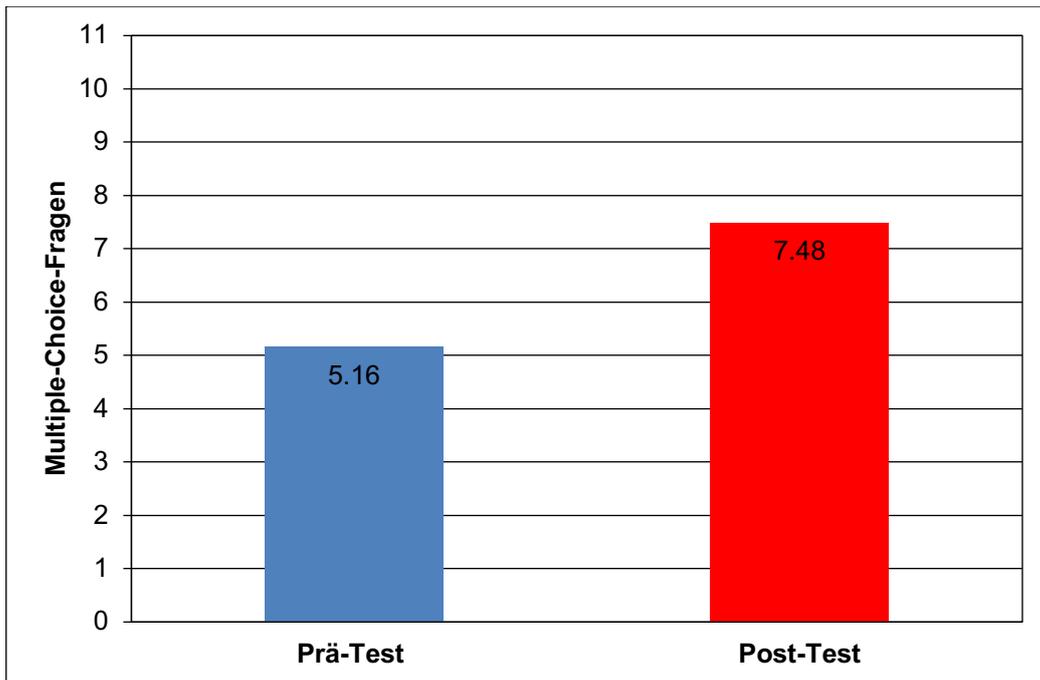


Abbildung 16: Vergleich der Mittelwerte aus den Prä- und Post-Tests im *t* Test der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit (Auswirkung auf das deklarative Wissen beim Einsatz von ALICE)

Gesamtpformance	Prä-Test	Post-Test
<b>p-Wert &lt; 0.001 (signifikant)</b>		
<b>Mittelwert</b>	5.16	7.48
<b>Median</b>	5	7
<b>Range</b>	3-8	4-11
<b>Spannweite</b>	5	7
<b>Standardabweichung</b>	1.43	1.66

Tabelle 11: Detaillierte Ergebnisse des Prä- und Post-Test der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit

#### **4.4.3.2 Prozedurenwissen (Inhaltsvalidität)**

Zur Überprüfung des Prozedurenwissens und somit zur Beurteilung der Inhaltsvalidität als ein Parameter reproduzierbarer Trainingsinhalten wurde vergleichend die Simulator-Leistung von Fall 2 (Distale Extensionsfraktur Typ Colles) und Fall 4 (Distale Extensionsfraktur Typ Smith) beurteilt. In den beiden genannten Fällen werden die identischen Frakturen behandelt, jedoch unterscheiden sich beide Frakturen in Morphologie und Traumamechanismus. Zusätzlich unterscheiden sich beide Fälle im therapeutischen Vorgehen (Fall 2: Konservative Therapie; Fall 4: Operative Therapie). Hierzu wurden die folgenden Parameter definiert:

1. Benötigte Zeit zur Lösung der Fälle 2 und 4
2. Korrekter Diagnostikalgorithmus der Fälle 2 und 4
3. Korrekte Diagnose und Therapie der Fälle 2 und 4

## 1. Vergleich von Zeitaufwand

Der Zeitaufwand zur Lösung der Fälle 2 und 4 wurde hierbei gemessen und miteinander verglichen.

Der Unterschied im Zeitaufwand zwischen dem 2. und 4. Fall wurde mit Hilfe eines *t* Tests für abhängige Stichproben verglichen. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der mittleren Bearbeitungsdauer für Fall 2 (M = 445 Sekunden, SD = 47) und Fall 4 (M = 327 Sekunden, SD = 22),  $p < 0,001$  (Tabelle 12). Dies bedeutet, dass die Teilnehmer im Durchschnitt signifikant schneller Fall 4 lösten als im Vergleich Fall 2 (Abbildung 17).

Gesamtpformance	Fall 2	Fall 4
<b>p-Wert &lt; 0.001 (signifikant)</b>		
<b>Mittelwert</b>	445	327
<b>Median</b>	439	326
<b>Range</b>	342-527	282-360
<b>Spannweite</b>	185	78
<b>Standardabweichung</b>	47	22

**Tabelle 12: Detaillierte Ergebnisse des Zeitaufwands in Sekunden der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit**

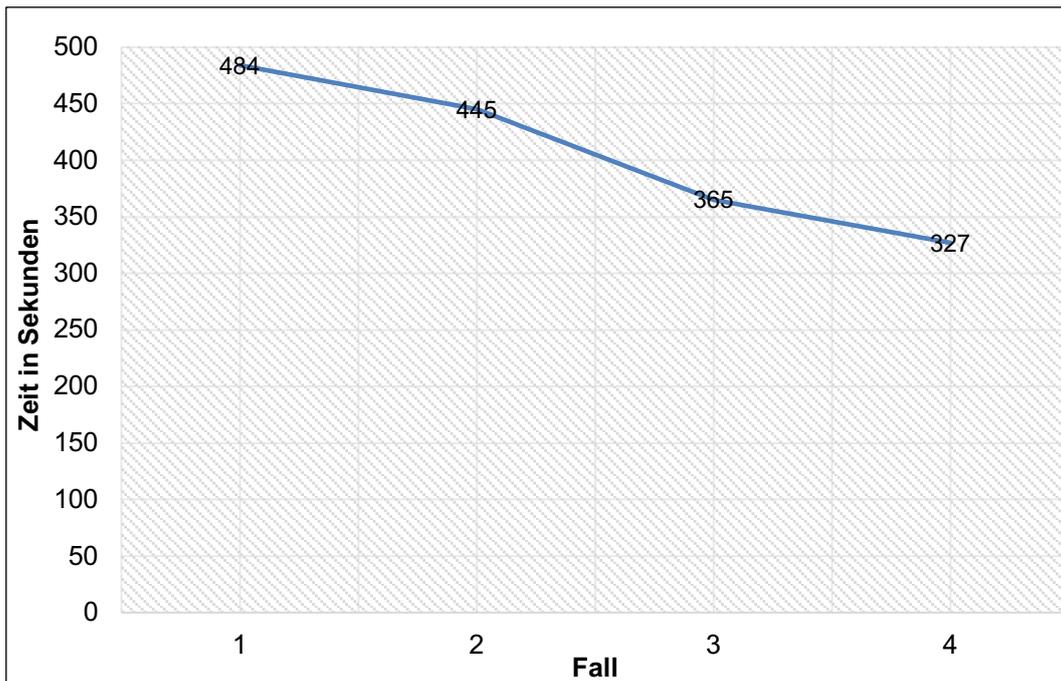


Abbildung 17: Mittelwerte für die benötigte Zeit für die Lösung der Fälle 1 bis 4 der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von ALICE)

### Vergleich von korrekter Durchführung, Diagnose und Therapie

Zur Überprüfung der korrekten Bearbeitung der Parameter Diagnostikalgorithmus sowie Diagnose und Therapie wurden die optimalen Arbeitsabläufe als modulare Bausteine in die unfallchirurgische Simulation integriert.

#### 2. Einhaltung des korrekten Diagnostikalgorithmus

Der Unterschied in der Anzahl an Studierenden mit korrekt eingehaltenem Diagnostikalgorithmus zwischen Fall 2 und Fall 4 wurde mit Hilfe eines  $t$  Tests für abhängige Stichproben verglichen. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Anzahl des eingehaltenen Algorithmus zwischen Fall 2 ( $M = 11$  Studenten) und Fall 4 ( $M = 19$  Studenten),  $p = 0,0094$  ( $p < 0,01$ ) (Tabelle 13).

Dies bedeutet, dass die Teilnehmer im Durchschnitt signifikant besser den vordefinierten Algorithmus in Fall 4 korrekt einhielten als in Fall 2 (Abbildung 18).

	Fall 2	Fall 4
<b>p-Wert = 0.0094 (signifikant)</b>		
<b>1. Semester</b>	8	11
<b>2. Semester</b>	3	8
<b>Gesamtpformance</b>	11	19

Tabelle 13: Detaillierte Ergebnisse bezüglich Einhaltung des korrekten Diagnostikalgorithmus der unfallchirurgischen *ALICE*-Präsenzlehreinheit (Anzahl der Studenten nach Semestern)

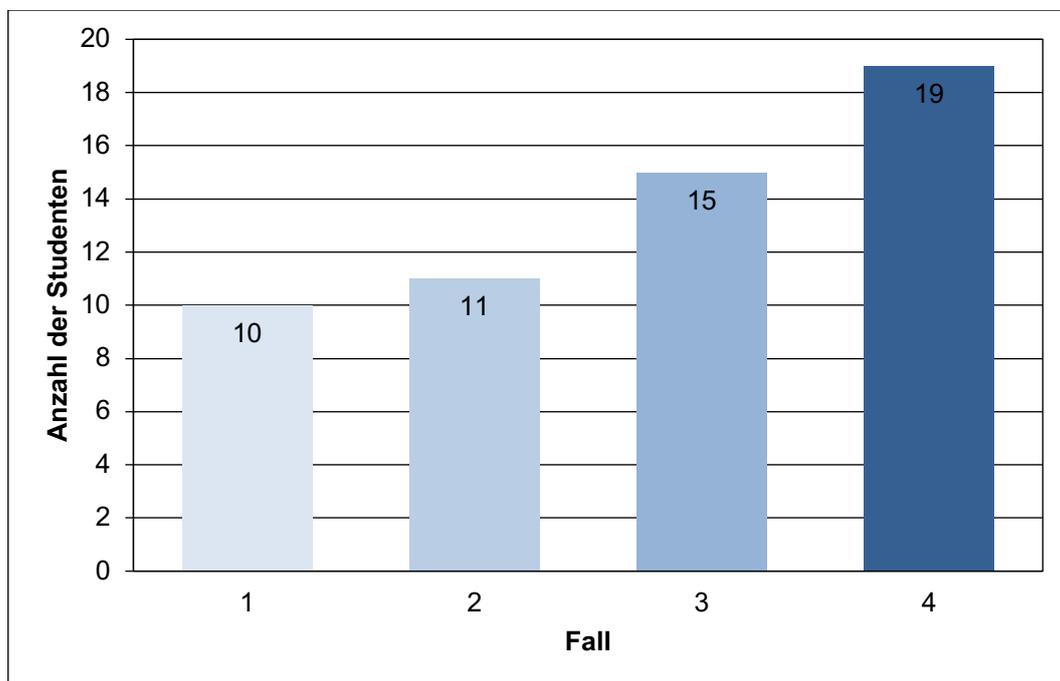


Abbildung 18: Korrekter Diagnostikalgorithmus der Fälle 1 bis 4 der unfallchirurgischen *ALICE*-Präsenzlehreinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von *ALICE*)

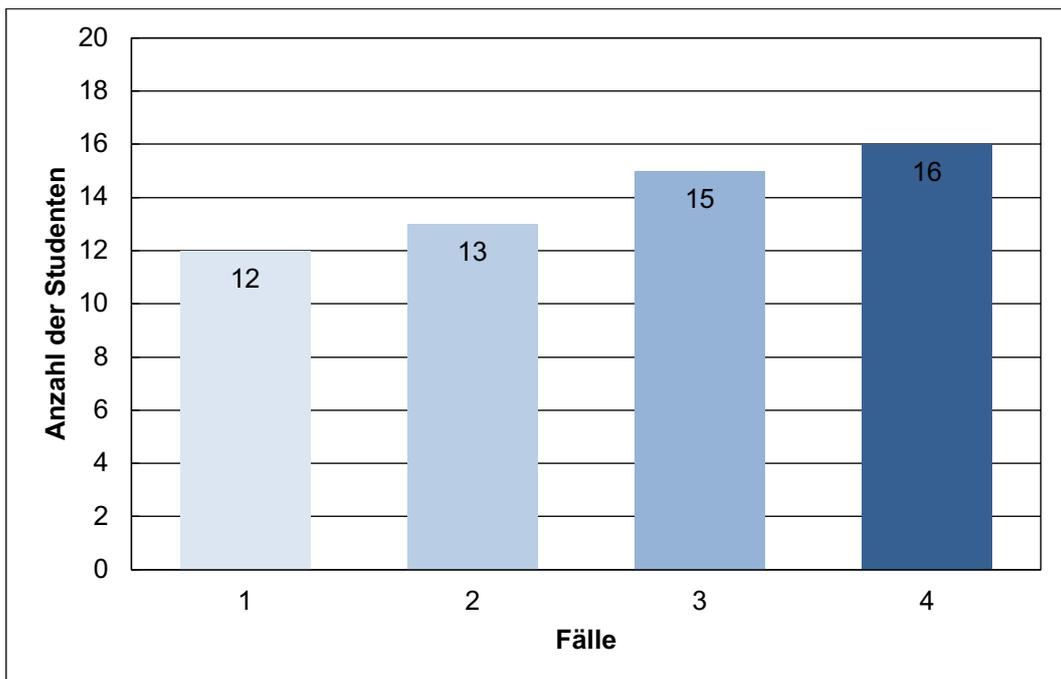
### 3. Vergleich von korrekter Diagnose und Therapie

Der Unterschied in der Gesamtpformance korrekte Diagnosestellung und Therapie zwischen Fall 2 und Fall 4 wurde mit Hilfe eines *t* Tests für abhängige Stichproben verglichen. Hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied von korrekter Diagnose und Therapie zwischen Fall 2 (M = 13 Studenten) und Fall 4 (M = 16 Studenten),  $p = 0,1282$  (Tabelle 14), jedoch konnte ein positiver Trend beobachtet werden (Abbildung 19). Im Vergleich von korrekter Diagnose und Therapie in der Kohortenverteilung zeigte sich, dass Studenten des 1. Semesters nicht von der Simulation profitieren konnten.

Studenten des 2. Semesters zeigten eine deutliche Steigerung der Performance bezüglich korrekter Diagnosestellung und Therapie zwischen Fall 2 und Fall 4.

	Fall 2	Fall 4
<b>p-Wert = 0.1282 (nicht signifikant)</b>		
<b>1. Semester</b>	10	9
<b>2. Semester</b>	3	7
<b>Gesamtperformance</b>	13	16

**Tabelle 14: Detaillierte Ergebnisse korrekte Diagnosestellung und Therapie der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit (Anzahl der Studenten nach Semestern)**



**Abbildung 19: Korrekte Diagnose und Therapie der Fälle 1 bis 4 der unfallchirurgischen ALICE-Präsenzlehreinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von ALICE)**

## 4.5 Ergebnisse der Studie zum ersten Einsatz des unfallchirurgischen Lernmoduls in einer unfallchirurgischen Distanzlerneinheit

### 4.5.1 Studiendesign

Insgesamt nahmen 22 Medizinstudierende aus dem 6. klinischen Semester (6 männlich, 16 weiblich, mittleres Alter = 24.73, Range: 22–28) und 18 Studierende des 3. klinischen Semesters (10 männlich, 8 weiblich, mittleres Alter = 23, Range: 21–28) an der Studie teil. Für detaillierte demographische Angaben siehe Tabelle 15 und Tabelle 16. Alle Medizinstudierenden wurden ab dem Sommersemester 2016 über einen Zeitraum von sechs Semestern an der Uniklinik Köln rekrutiert.

<b>N=22</b>	
<b>Geschlecht</b>	Männlich (n = 6) Weiblich (n = 16)
<b>Alter</b>	
<b>Mittelwert</b>	24.73
<b>Median</b>	24.5
<b>Range</b>	22-28
<b>Spannweite</b>	6
<b>Standardabweichung</b>	1.49

Tabelle 15: Detaillierte Demografie der Probanden (6. Semester) in der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit

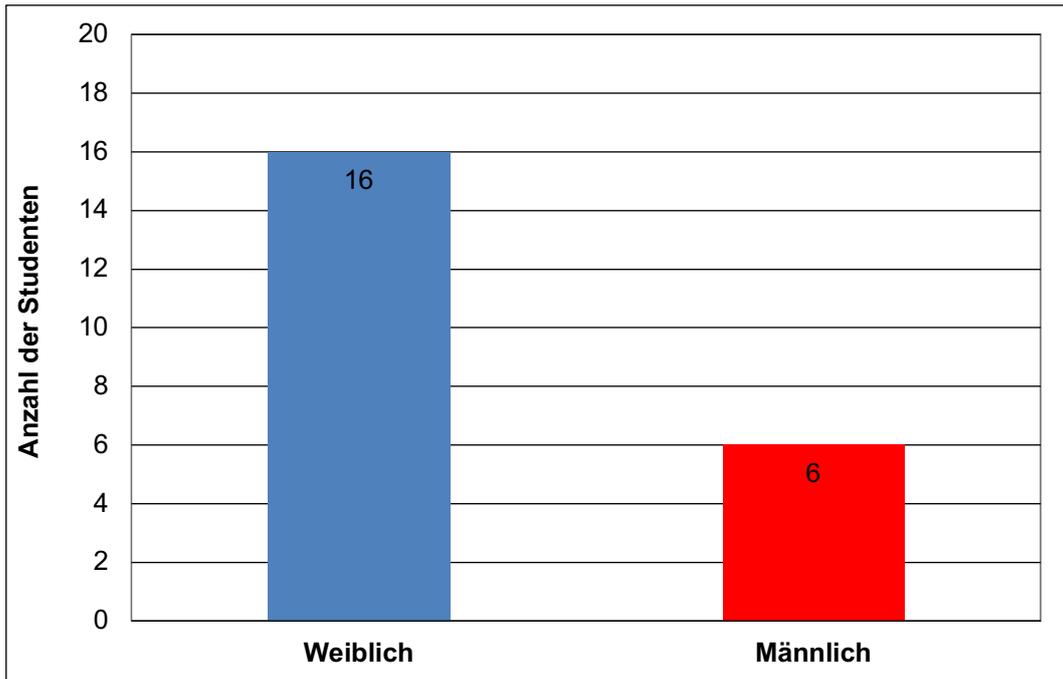


Abbildung 20: Studentenkollektiv (6. Semester) der unfallchirurgischen *ALICE*-Distanzlerneinheit

<b>N=18</b>	
<b>Geschlecht</b>	Männlich (n = 10) Weiblich (n = 8)
<b>Alter</b>	
<b>Mittelwert</b>	23
<b>Median</b>	22.5
<b>Range</b>	21-28
<b>Spannweite</b>	7
<b>Standardabweichung</b>	2.06

Tabelle 16: Detaillierte Demografie der Probanden (3. Semester) in der unfallchirurgischen *ALICE*-Distanzlerneinheit

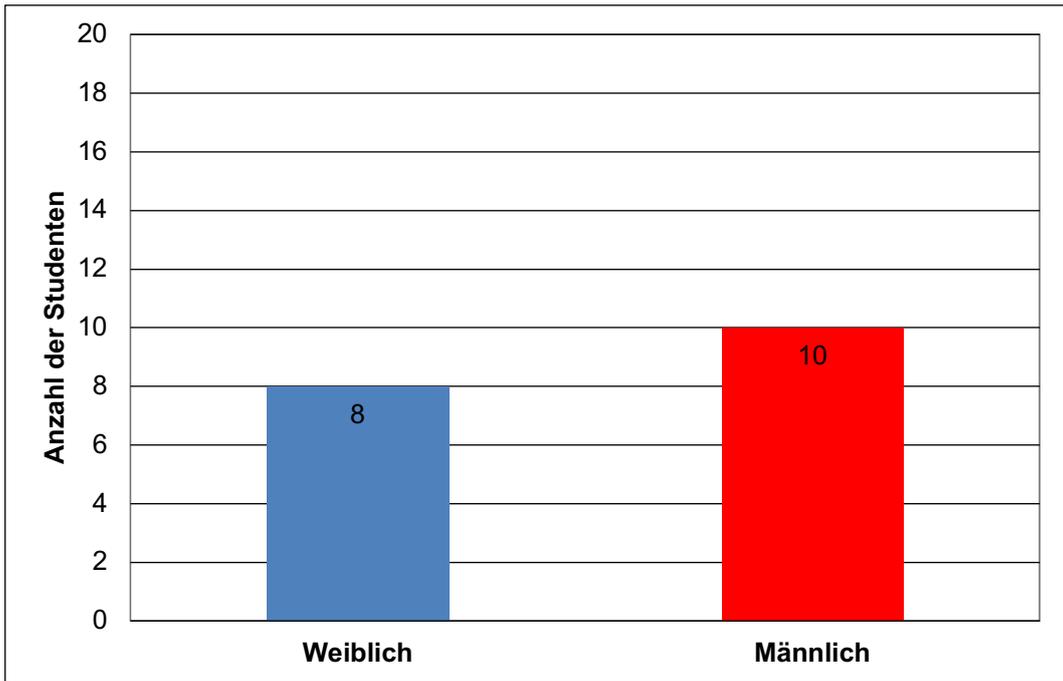


Abbildung 21: Studentenkollektiv (3. Semester) der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit

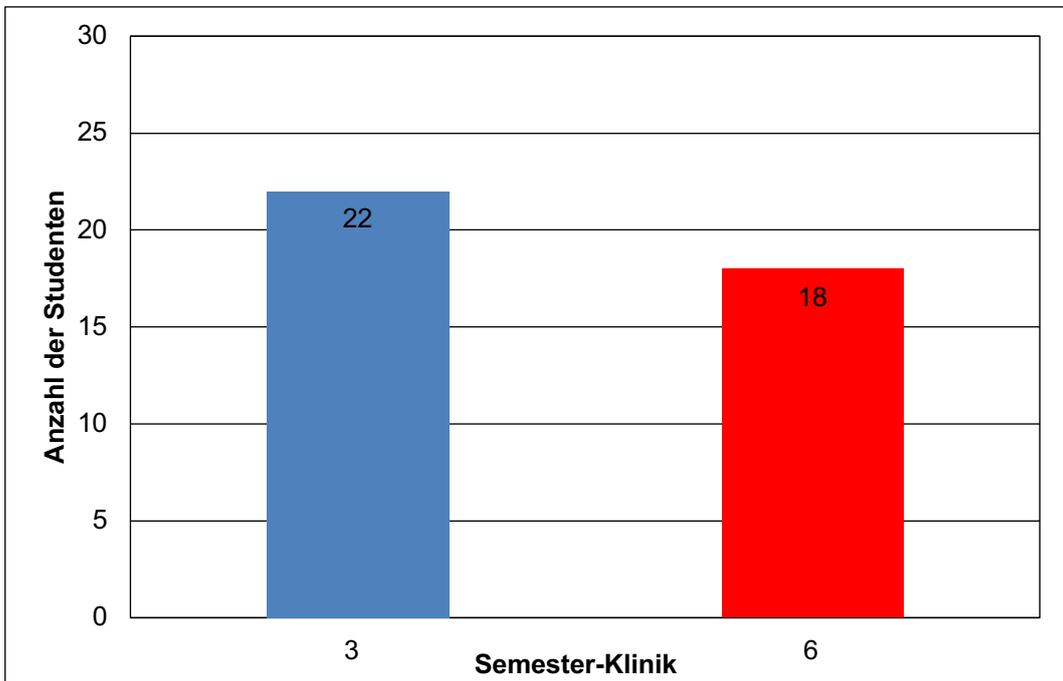


Abbildung 22: Kohortenverteilung der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit

#### **4.5.2 Qualitative Evaluation der unfallchirurgischen *ALICE*-Distanz- lerneinheit**

Insgesamt wurde das Lehrangebot von allen 40 Studenten evaluiert (Anhang 2). Die Meinung der Studierenden bezüglich Akzeptanz, Effektivität und Anwendbarkeit wurde mit Hilfe einer 5-Punkte-Likert-Skala ermittelt. Die Bewertung der Likert-Skala wurde gemittelt und in Abbildung 23 zusammengefasst. Insgesamt deckten sich die Ergebnisse mit der Evaluation der unfallchirurgischen Präsenzlernerinheit. Der Gesamteindruck des Simulations-Prototypens wurde in diesem Modul noch besser bewertet (Antwort 10). Der *ALICE*-Prototyp zeigte unter den Teilnehmern eine große Akzeptanz (Antwort 10) und die meisten würden einen solchen Simulator häufig benutzen (Antwort 6). Für die Mehrheit der Studenten war der Simulator und seine Anwendung einfach zu handhaben (Antwort 2, 3). Des Weiteren war eine verbreitete Meinung unter den Studierenden, dass die häusliche Anwendung auf dem eigenen PC problemlos funktionierte (Antwort 1) und dass das unfallchirurgische Modul neue Lerninhalte vermittelt (Antwort 4). Das Gros der Studenten nutzt Computer zum Lernen (Antwort 7). Computer als Hobby wird von den meisten Teilnehmern verneint (Antwort 9).

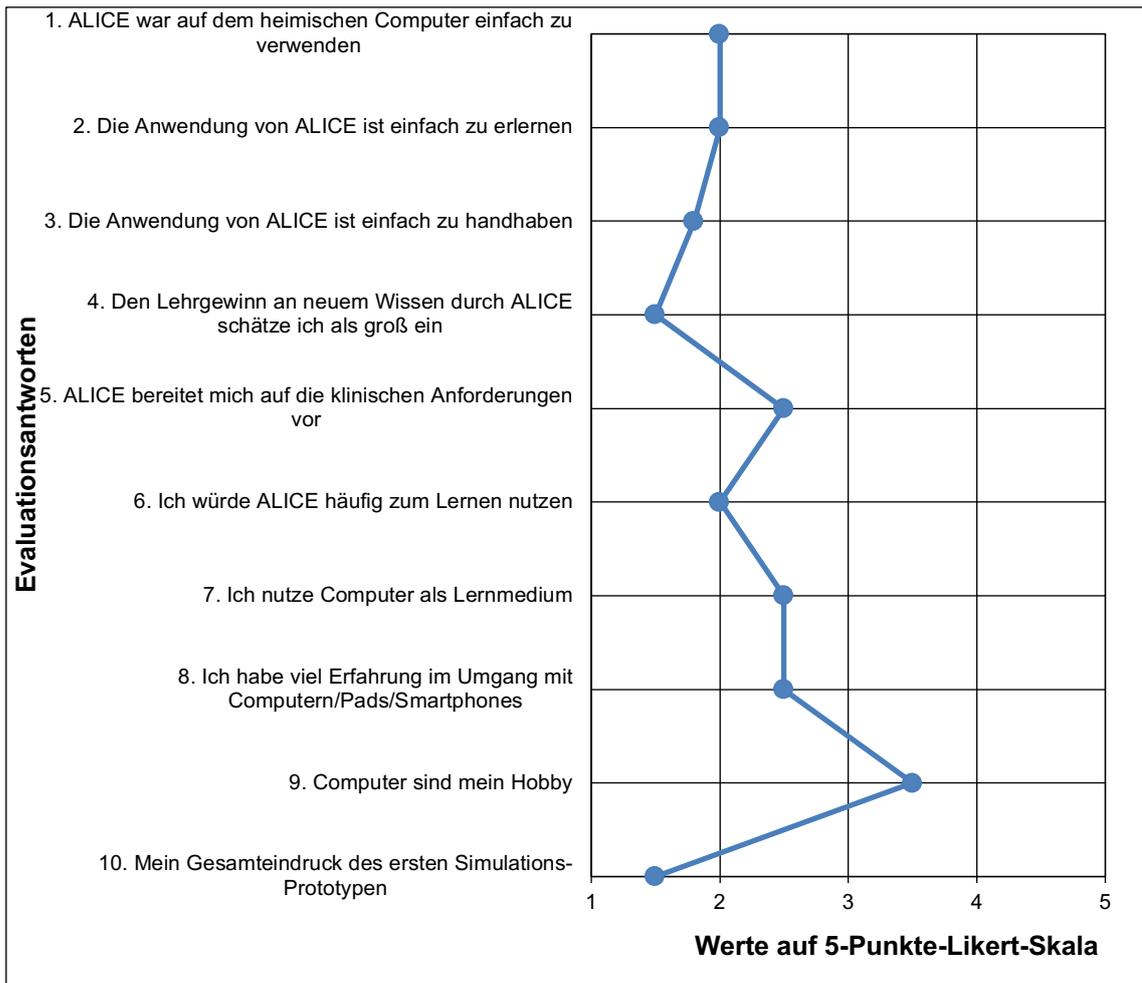


Abbildung 23: Mittelwerte der qualitativen Evaluation des Lernangebotes der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit

### 4.5.3 Deskriptive Evaluation der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit

#### 4.5.3.1 Deklaratives Wissen (Vorhersagevalidität)

Das deklarative Wissen wurde erneut durch die aus dem Präsenzmodul bekannten 11 Multiple-Choice-Fragen im Prä-Test und Post-Test bemessen. Prä- und Post-Test wurde von allen Teilnehmern vollständig bearbeitet. Der Vergleich der Mittelwerte aus den Prä- und Post-Tests im  $t$  Test für abhängige Stichproben zeigte nur für die Famulatur-Gruppe (3. klinisches Semester) eine signifikante Verbesserung ( $p < 0,001$ ) nach Abschluss der Simulation (Tabelle 17).

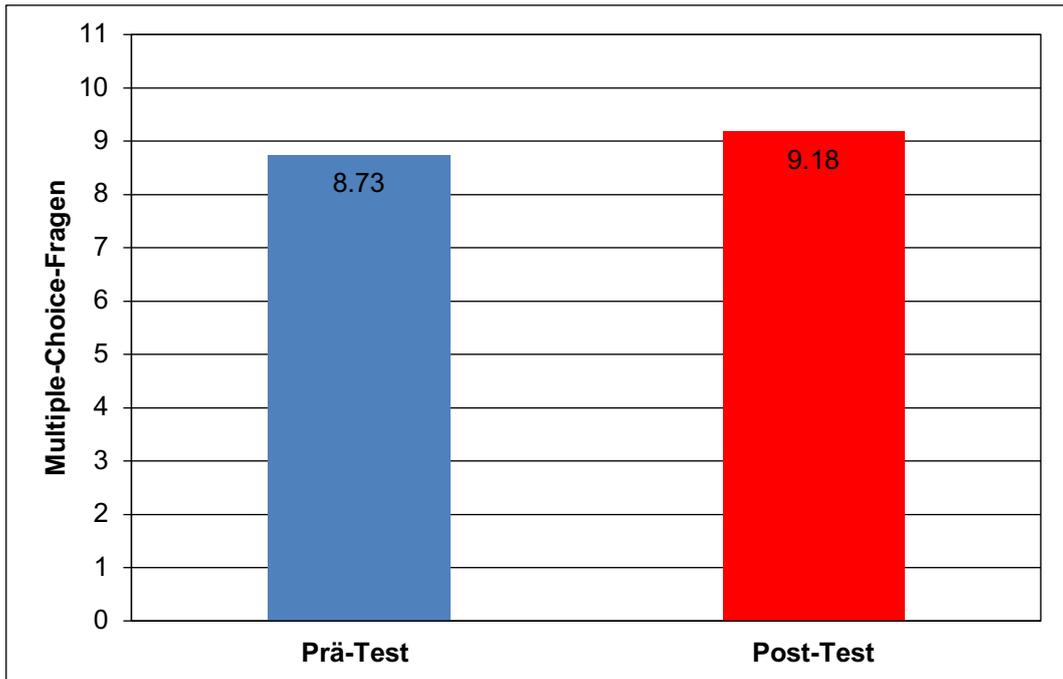


Abbildung 24: Vergleich der Mittelwerte aus den Prä- und Post-Tests im *t* Test der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit (Auswirkung auf das deklarative Wissen beim Einsatz von ALICE; 6. Semester)

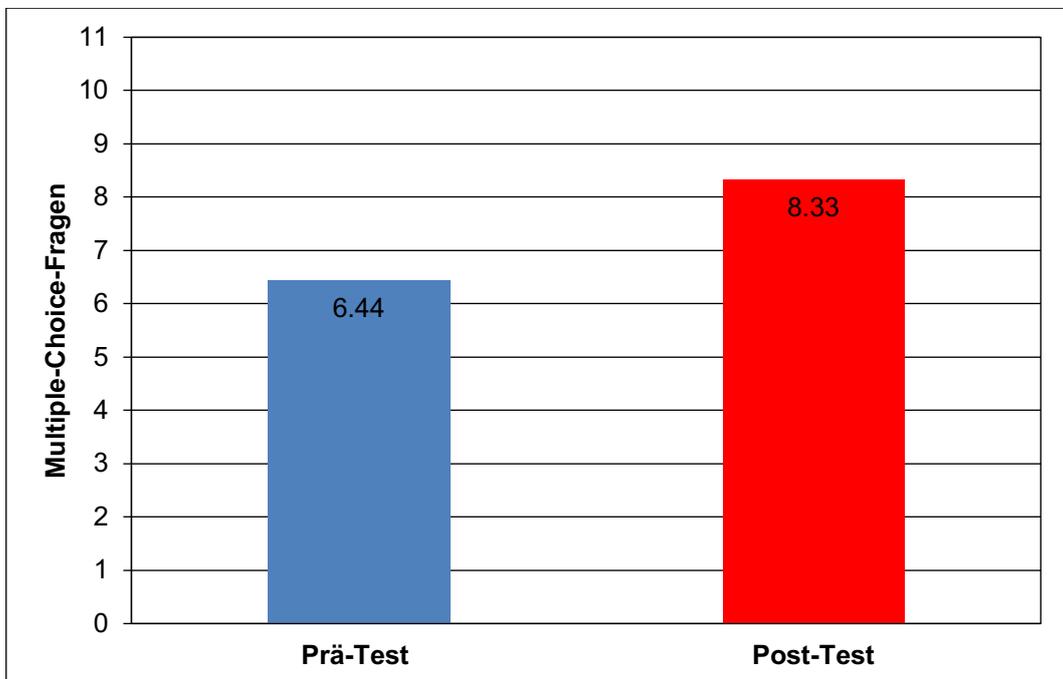


Abbildung 25: Vergleich der Mittelwerte aus den Prä- und Post-Tests im *t* Test der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit (Auswirkung auf das deklarative Wissen beim Einsatz von ALICE; 3. Semester)

### 4.5.3.2 Deklaratives Wissen (Konstruktvalidität)

Der Unterschied von Prä- und Post-Test zwischen den beiden Gruppen (PJ-Gruppe versus Famulatur-Gruppe) wurde mit Hilfe eines *t* Tests für unabhängige Stichproben verglichen. Im *t* Test zeigte sich im Vergleich Prä-Test 6. klinisches Semester versus 3. klinisches Semester eine signifikante Steigerung ( $p < 0,001$ ) zugunsten des 6. klinischen Semesters. Im Vergleich Post-Test 6. klinisches Semester versus 3. klinisches Semester konnte im *t* Test für unabhängige Stichproben keine Signifikanzen beobachtet werden. Dies bedeutet, dass die Gruppe der PJ-Teilnehmer im Prä-Test signifikant besser abschnitten ohne eine signifikante Verbesserung der Famulatur-Gruppe im Post-Test (Tabelle 17). Somit zeigt *ALICE* einen positiven Einfluss auf die Konstruktvalidität.

Parameter	richtige Antwort (n) Prä-Test	richtige Antwort (n) Post-Test	p-Wert
Anzahl der Fragen (von 11) 6. klinisches Semester	8,73	9,18	0,0763 nicht signifikant
Anzahl der Fragen (von 11) 3. klinisches Semester	6,44	8,33	< 0,001 signifikant
Vergleich Prä-Test 6. klinisches Semester versus 3. klinisches Semester			< 0,001 signifikant
Vergleich Post-Test 6. klinisches Semester versus 3. klinisches Semester			0,1064 nicht signifikant

Tabelle 17: Detaillierte Ergebnisse der Prä- und Post-Tests der unfallchirurgischen *ALICE*-Distanzlerneinheit

### 4.5.3.3 Prozedurenwissen (Inhaltsvalidität)

#### 1. Vergleich von Zeitaufwand PJ- und Famulatur-Gruppe

Der Unterschied im Zeitaufwand zwischen dem 2. und 4. Fall wurde mit Hilfe eines *t* Tests für abhängige Stichproben verglichen. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der PJ-Gruppe zwischen der mittleren Bearbeitungsdauer für Fall 2 (M = 669 Sekunden, SD = 197) und Fall 4 (M = 523 Sekunden, SD = 175),  $p = 0,0046$  (Tabelle 18, Abbildung 26). In der Famulatur-Gruppe konnte für den Parameter Zeitaufwand kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (Fall 2 (M = 656 Sekunden, SD = 234) und Fall 4 (M = 496 Sekunden, SD = 201)),  $p = 0,0325$  (Tabelle 19, Abbildung 27). Dies bedeutet, dass die teilnehmenden PJ-Studenten im Durchschnitt signifikant schneller Fall 4 lösten als im Vergleich Fall 2.

Gesamtperformance	Fall 2	Fall 4
<b>p-Wert = 0.0046 (signifikant)</b>		
Mittelwert	669	523
Median	623	510
Range	365-960	253-815
Spannweite	595	562
Standardabweichung	197	175

Tabelle 18: Detaillierte Ergebnisse des Zeitaufwands in Sekunden PJ-Gruppe der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit

Gesamtperformance	Fall 2	Fall 4
<b>p-Wert = 0.0325 (nicht signifikant)</b>		
Mittelwert	656	496
Median	653	482
Range	359-978	222-837
Spannweite	619	615
Standardabweichung	234	201

Tabelle 19: Detaillierte Ergebnisse des Zeitaufwands in Sekunden Famulatur-Gruppe der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit

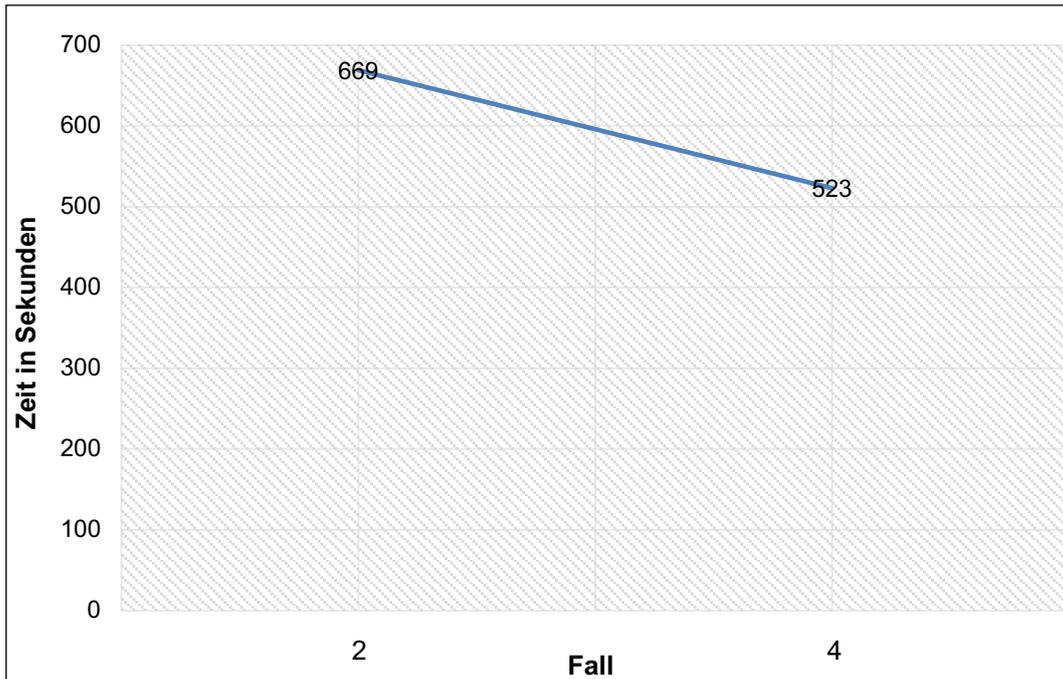


Abbildung 26: Mittelwerte für die benötigte Zeit für die Lösung der Fälle 2 und 4 der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von ALICE; 6. Semester)

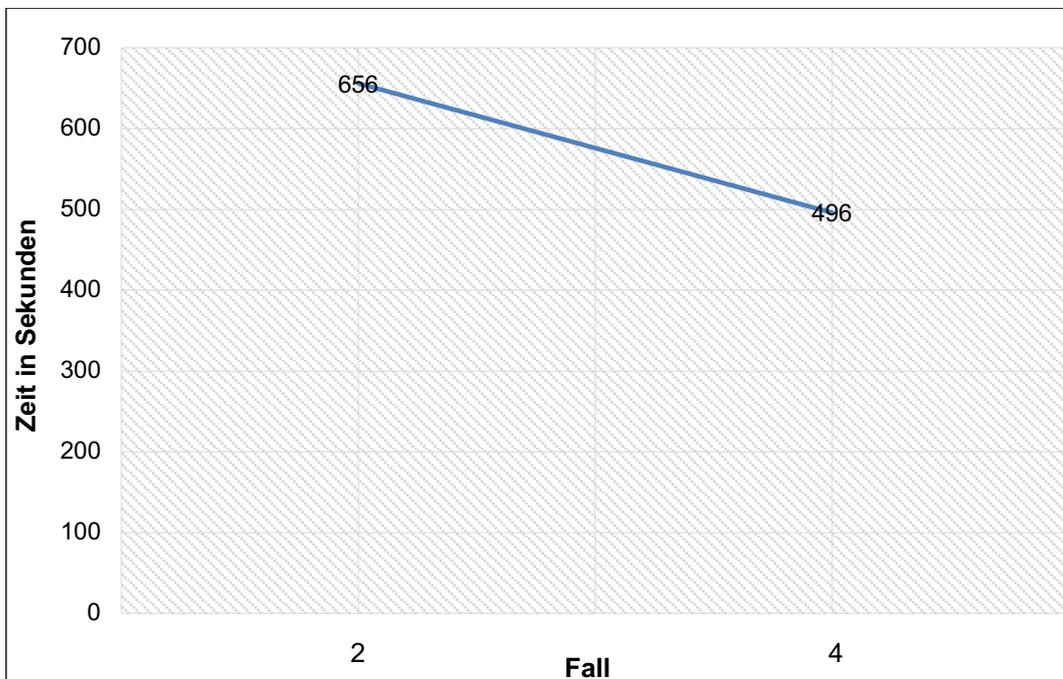


Abbildung 27: Mittelwerte für die benötigte Zeit für die Lösung der Fälle 2 und 4 der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von ALICE; 3. Semester)

## 2. Vergleich überflüssige Klicks PJ- und Famulatur-Gruppe

Der Unterschied von überflüssigen Klicks bei der Bearbeitung der Fälle 2 und 4 wurde mit Hilfe eines  $t$  Tests für abhängige Stichproben verglichen. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den mittleren getätigten überflüssigen Klicks zwischen Fall 2 und Fall 4 sowohl für die PJ ( $p = 0,0046$ ;  $p < 0,01$ )- als auch für die Famulatur-Gruppe ( $p = 0,0079$ ;  $p < 0,01$ ) (Tabelle 20, Tabelle 21).

Dies bedeutet, dass die Teilnehmer im Durchschnitt die unnötigen Klicks signifikant von Fall 2 zu Fall 4 reduzierten.

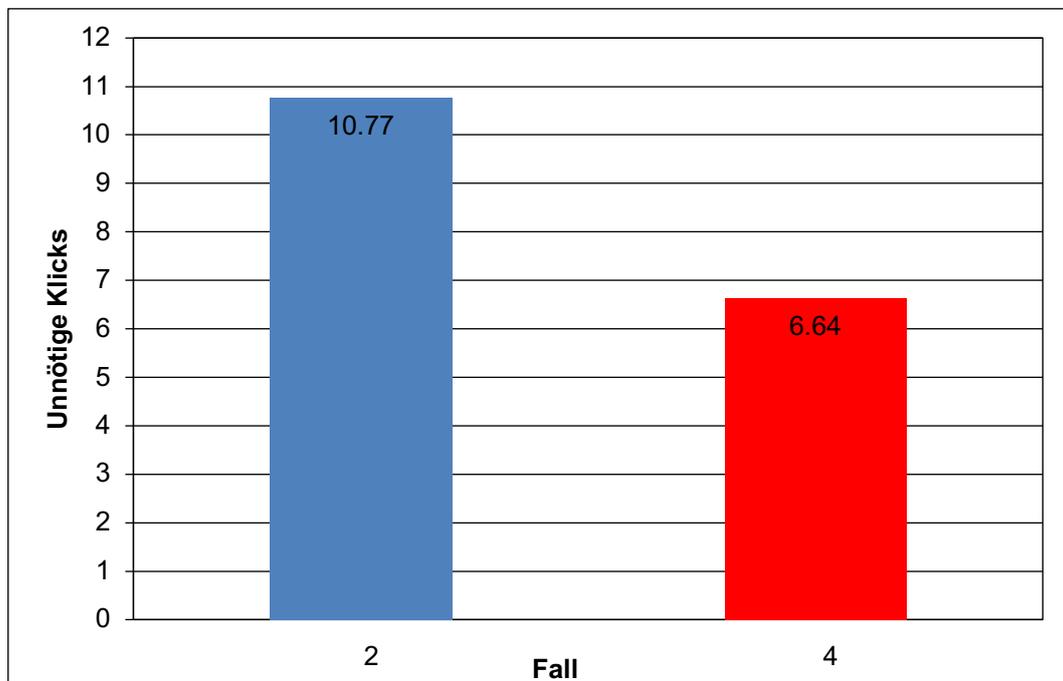


Abbildung 28: Mittelwerte der unnötig getätigten Klicks der Fälle 2 und 4 der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von ALICE; 6. Semester)

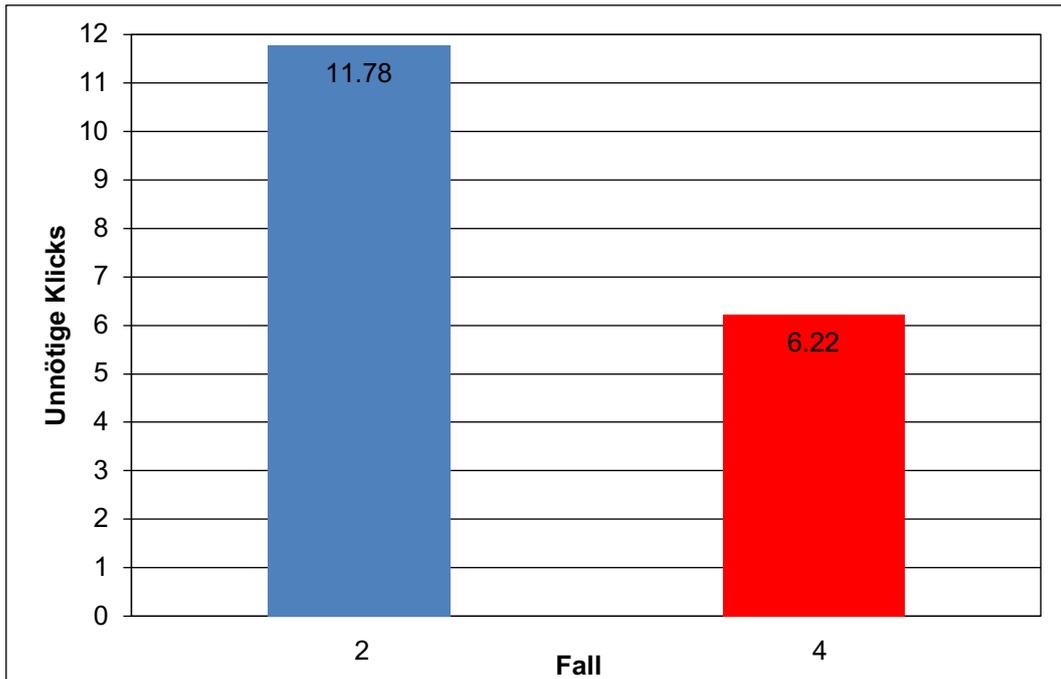


Abbildung 29: Mittelwerte der unnötig getätigten Klicks der Fälle 2 und 4 der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von ALICE; 3. Semester)

### 3. Vergleich unnötig durchgeführte Diagnostik PJ- und Famulatur-Gruppe

Der Unterschied in der Anzahl an unnötig durchgeführter Diagnostik in den Fällen 2 und 4 wurde mit Hilfe eines  $t$  Tests für abhängige Stichproben verglichen. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Reduktion der unnötig durchgeführten Diagnostik für die Fälle 2 und 4 in der PJ ( $p = 0,5758$ ) - und Famulatur-Gruppe ( $p = 0,0559$ ) (Tabelle 20, Tabelle 21), jedoch konnte ein positiver Trend für die Famulatur-Gruppe gezeigt werden. Ferner ist zu beobachten, dass die Mehrzahl der Studierenden beider Gruppen (PJ-Gruppe: Fall 2: 22.73 %, Fall 4: 18.18 %; Famulanten-Gruppe: Fall 2: 33.33 %, Fall 4: 5.56 %) in den Fällen 2 und 4 insgesamt kaum unnötige Diagnostik einleiteten (Abbildung 30, Abbildung 31).

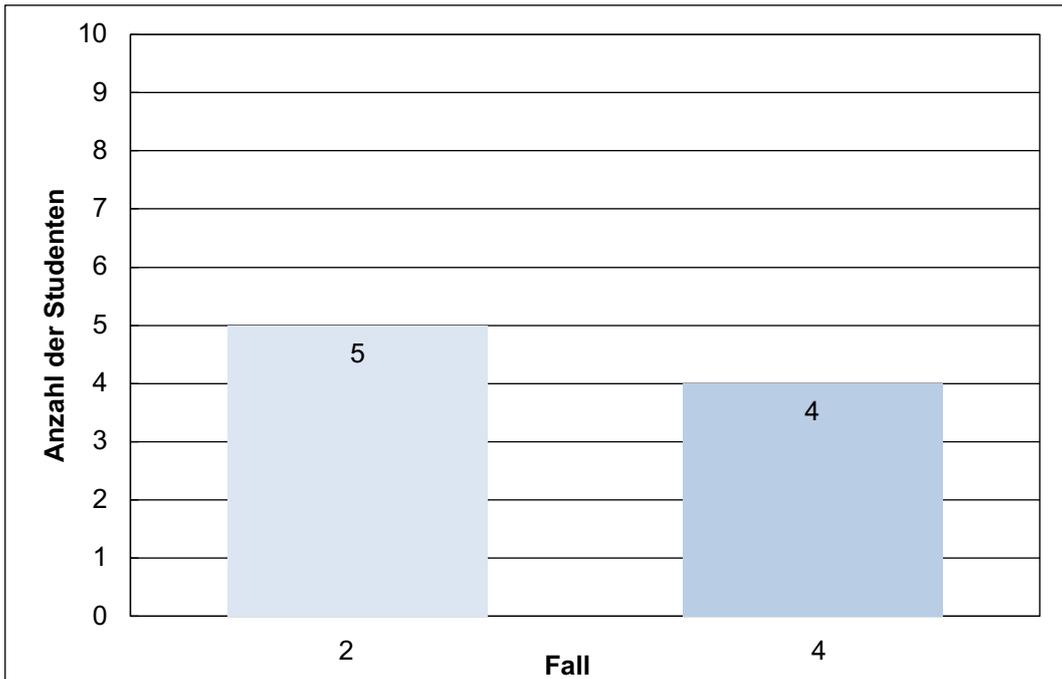


Abbildung 30: Anzahl von unnötiger Diagnostik der Fälle 2 und 4 der unfallchirurgischen *ALICE*-Distanzlerneinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von *ALICE*; 6. Semester)

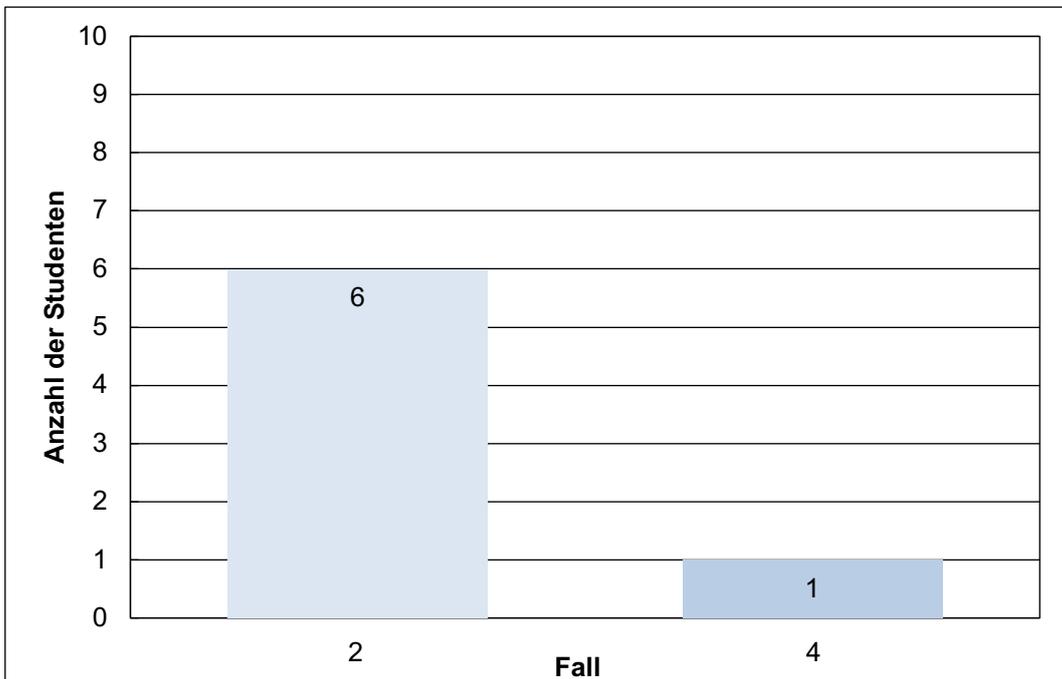


Abbildung 31: Anzahl von unnötiger Diagnostik der Fälle 2 und 4 der unfallchirurgischen *ALICE*-Distanzlerneinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von *ALICE*; 3. Semester)

#### 4. Vergleich von korrekter Diagnose und Therapie PJ- und Famulatur-Gruppe

Der Unterschied in der Gesamtperformance korrekte Diagnosestellung und Therapie zwischen Fall 2 und Fall 4 in der PJ- und Famulatur-Gruppe wurde mit Hilfe eines *t* Tests für abhängige Stichproben verglichen. Hier zeigte sich für die PJ-Gruppe kein signifikanter Unterschied von korrekter Diagnose und Therapie zwischen Fall 2 (M = 10 Studenten) und Fall 4 (M = 16 Studenten),  $p = 0,0303$  (Tabelle 20). Hingegen zeigte sich für die Famulatur-Gruppe ein signifikanter Unterschied zwischen Fall 2 (M = 8 Studenten) und Fall 4 (M = 16 Studenten), ( $p = 0,0070$ ,  $p < 0,01$ ) für den Parameter korrekte Diagnosestellung und Therapie (Tabelle 21).

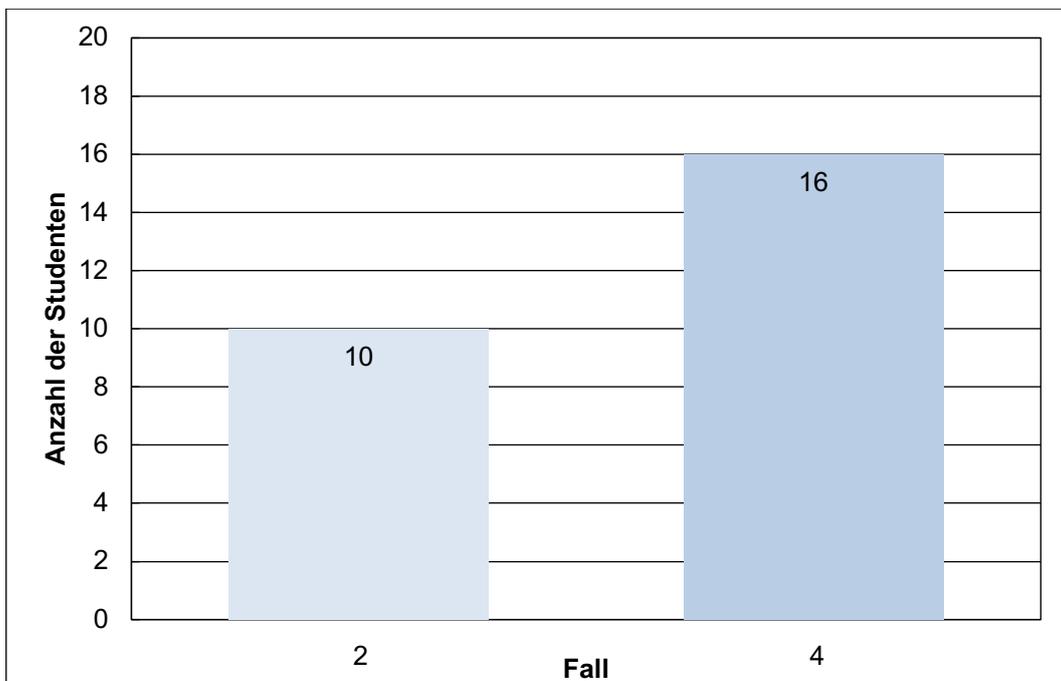


Abbildung 32: Korrekte Diagnose und Therapie der Fälle 2 und 4 der unfallchirurgischen ALICE-Distanzlerneinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von ALICE; 6. Semester)

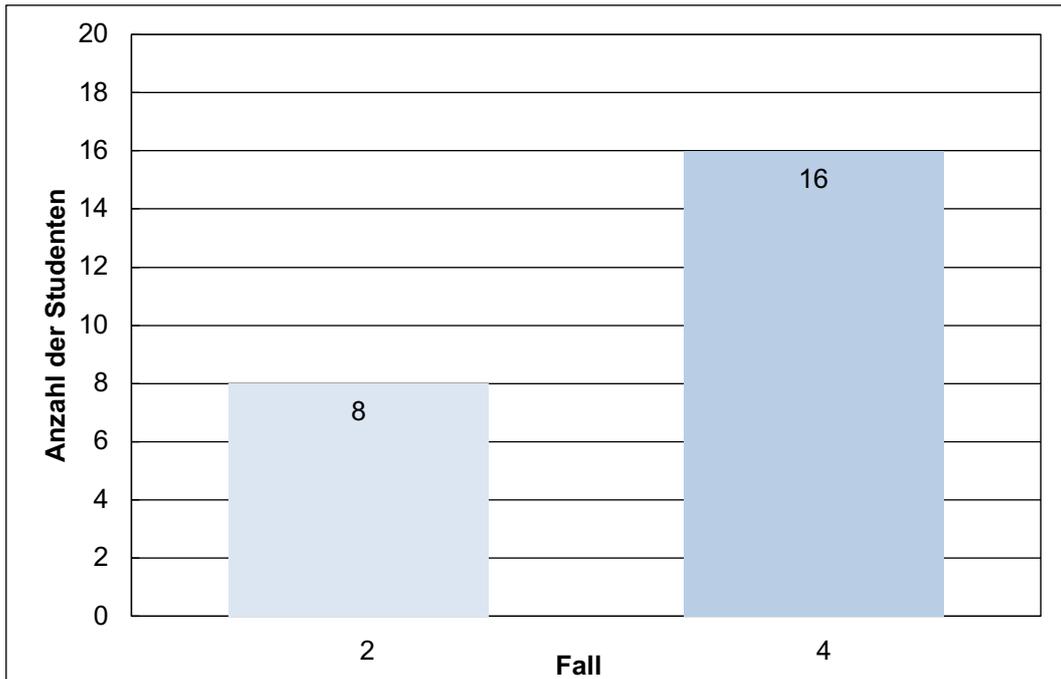


Abbildung 33: Korrekte Diagnose und Therapie der Fälle 2 und 4 der unfallchirurgischen *ALICE*-Distanzlerneinheit (Auswirkung auf das Prozedurenwissen beim Einsatz von *ALICE*; 3. Semester)

Parameter	Fall 2	Fall 4	p-Wert
Mittelwert Zeit (Sekunden)	669	523	< 0,01 signifikant
Mittelwert Unnötige Klicks (Anzahl der Studenten)	10,77	6,64	< 0,01 signifikant
Unnötige Diagnostik (Anzahl der Studenten)	5	4	0,5758 nicht signifikant
Richtige Diagnose (Anzahl der Studenten)	10	16	0,0303 nicht signifikant

Tabelle 20: Übersicht Gesamtperformance (6. Semester) der unfallchirurgischen *ALICE*-Distanzlerneinheit

Parameter	Fall 2	Fall 4	p-Wert
Mittelwert Zeit (Sekunden)	656	496	0,0325 nicht signifikant
Mittelwert Unnötige Klicks (Anzahl der Studenten)	11,78	6,22	< 0,01 signifikant
Unnötige Diagnostik (Anzahl der Studenten)	6	1	0,0559 nicht signifikant
Richtige Diagnose (Anzahl der Studenten)	8	16	< 0,01 signifikant

Tabelle 21: Übersicht Gesamtperformance (3. Semester) der unfallchirurgischen *ALICE*-Distanz-  
lerneinheit

## 5 Diskussion

Die studentische chirurgische Ausbildung in Zeiten von limitierter Unterrichtszeit praxisbezogen, kompetenzorientiert und interdisziplinär zu gestalten und den Studierenden dennoch einen weitgefächerten Einblick in das Spektrum der chirurgischen Krankheitsbilder zu bieten, stellt die Hochschulen vor große Herausforderungen.

Die vorliegende Arbeit beschreibt die inhaltliche Weiterentwicklung einer digitalen Lernumgebung (*ALICE*) und ist ein Grundstein für die digitale Transformation der chirurgischen Lehre.

Im Rahmen einer Bedarfsanalyse der bestehenden E-Learning Angebote an deutschen Universitätskliniken konnte der Mangel an akademisch betriebenen virtuellen Patientensimulatoren, die für jeden Studenten frei zugänglich sind und hohe Immersion mit profundem medizinischen Inhalt verbinden, nachgewiesen werden. Der Großteil der netzbasierten Angebote in Deutschland beschränkt sich auf den Interaktionslevel der Demonstration und bietet somit eine reine multimediale Darstellung von theoretischem Wissen. Der Student kann sich parallel zu den Präsenzlehrrangeboten strukturiertes deklaratives Wissen aneignen.

Je komplexer die Simulation ist, desto mehr Zeit und Ressourcen sind erforderlich. Aus diesem Grunde scheint es nicht verwunderlich, dass die komplexen 3D-Simulationen kommerziell betrieben werden. Hochschullehrer können diese Simulatoren zwar gegen eine jährliche Gebühr kostengünstiger erwerben. Dennoch stellt sich die Frage, ob die Entwicklung innovativer Lehrkonzepte von kommerziellen Unternehmen durchgeführt werden und man sich so von ihnen abhängig machen sollte. Die Universitäten und Lehrkrankenhäuser stehen in der Verantwortung, Lehrmethoden zu entwickeln, die die Patientensicherheit garantieren, zur Fehlerreduktion beitragen und überdies die Validierung der beschriebenen neuen Lehrmethode voranbringen.

In Zeiten der begrenzten Zeitressourcen im täglichen klinischen Alltag ist es wünschenswert, dass sich das klinische Curriculum für beide Seiten, Lehrer und Studenten, möglichst effektiv gestalten lässt. Der Einsatz eines IPS vereinfacht den Studenten die Vorbereitung auf die unterschiedlichen Kurse im Curriculum.

In einer Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2018, die sich mit der Anwendung von Serious Games in der medizinischen Ausbildung und deren Datenlage bezüglich Effektivität auf

den Lernerfolg beschäftigte, konnte ein hoher Bedarf an weiteren Forschungsarbeiten in diesem Bereich nachgewiesen werden [20].

### **5.1 Grad an Immersion, Validität, sowie Komplexität des medizinischen Inhalts bei aktuell verfügbaren virtuellen Patientensimulatoren**

In einigen Publikationen wurde der Einsatz von virtuellen Patientensimulatoren in der medizinischen Ausbildung bereits beschrieben. Hierbei handelt es sich sowohl um webbasierte als auch um softwarebasierte Simulatoren [31].

#### **Webbasierte Simulatoren – Second Life**

Fünf der neun webbasierten Patientensimulatoren verwenden die 3D-Technologie des am weitesten verbreiteten Social Network „Second Life“ (SL). Entwickelt wurden alle diese fünf Simulatoren von Forschergruppen verschiedener Hochschulen [26]. Die Simulatoren besitzen die technische Voraussetzung, um die medizinische Ausbildung via virtueller Welt zu unterstützen [15]. Drei der virtuellen Welten aus dem Social Network SL sind zum teamorientierten Training in der medizinischen Ausbildung entwickelt worden. *Second Health London* wurde von dem Imperial College London konzipiert und in einer Machbarkeitsstudie im Rahmen eines Pilotprojektes genutzt. Auch fand eine erste Validierung der Ergebnisse statt. *MeRiTS* bietet ebenfalls ein teamorientiertes Training in einer SL-Umgebung an. Allerdings wurden die Ergebnisse lediglich in einer Machbarkeitsstudie [10] zusammengefasst, ohne diese zu validieren. Die technische Spezifikation von Second Life entspricht im Hinblick auf die grafische Qualität jedoch nicht mehr dem heutigen Stand der Technik, sodass all diese virtuellen Umgebungen dem Anwender eine durchschnittliche Immersion mit einem niedrigen bis mittleren medizinischen Inhalt bieten.

#### **Webbasierte Simulatoren – Virtual Worlds**

Webbasierte Simulatoren sind vergleichbar mit SL-Simulatoren. Der Unterschied zwischen den Simulatoren liegt in den technischen Funktionen. Webbasierte Simulatoren verwenden eine urheberrechtlich geschützte 3D-Spiel-Engine, deren Entwicklung eine höhere Ressourcenintensität mit sich bringt. Im Gegenzug bietet diese dem Kunden beziehungsweise dem Nutzer eine höhere grafische Qualität und ein benutzerdefiniertes Programm-Design. Einer der vier übrigen webbasierten virtuellen Patientensimulatoren, der eine spezielle 3D-Welt verwendet, war bereits im Jahre 2003 auf dem Markt

verfügbar. Wiederum lag der wesentliche Aspekt dieses Simulators auf einer Machbarkeitsstudie, in diesem Fall vor allem im Hinblick auf das Fernstudium [1, 9]. Die drei übrigen webbasierten Simulatoren sind von kommerziellen Softwareunternehmen entwickelt worden. Zwei dieser Simulatoren zeigen eine hohe grafische 3D-Qualität und folglich einen großen Immersionsgrad. Beide bieten ein team- und fallbasiertes Training von akuten klinischen Krankheitsbildern mit Schwerpunkt Notfallmedizin an [16]. Die hohe grafische Qualität der Simulationen spiegelt sich in den hohen Kaufpreisen wider. Der medizinische Inhalt ist hoch und zusätzliche kundenspezifische virtuelle Patientenfälle können gegen eine Zusatzgebühr dazu gebucht werden. Der *Clinic Space* Simulator fand bereits Anwendung an der Stanford University zum Training standardisierter Abläufe von Notfallsituationen im Schockraum [39, 57]. Bei dem verbleibenden *INMEDEA* Simulator (ehemals *Prometheus*) handelt es sich nicht um einen immersiven 3D-Simulator, sondern um eine Aneinanderreihung von abstrakt gehaltenen Standbildern mit handgezeichneter Grafik, die keine Immersion ermöglichen. Dennoch ist der medizinische Inhalt fundiert. Auch der *INMEDEA* Simulator bietet seinen Kunden die Möglichkeit, weitere kundenspezifische Fälle zu erwerben. Obwohl dieser Simulator ebenfalls kommerziell betrieben wird, findet *INMEDEA* in der medizinischen Ausbildung einiger Hochschulen im Rahmen eines Blended Learning Konzeptes Anwendung [23, 56]. Zu diesem Blended Learning Konzept gibt es bereits erste Validitätsstudien [18].

### **Softwarebasierte Simulatoren**

Softwarebasierte Simulatoren benötigen eine Installation auf dem Computer. Diese bieten den Nutzern einen hohen Immersionsgrad mit High Fidelity 3D-Grafik an. Darüber hinaus werden softwarebasierte Simulatoren nicht durch die technischen Nachteile der Internetübertragung limitiert. Drei dieser vier Simulatoren befinden sich nach wie vor in Machbarkeitsstudien, ohne dass ihr Einfluss auf den Lernerfolg validiert wurde [36, 37]. Obwohl einer dieser Simulatoren bereits vor mehr als zehn Jahren auf dem Markt eingeführt wurde, wird dieser weder routinemäßig in der studentischen Lehre eingesetzt, noch wurde eine Validierung vorgenommen [9]. Die verbliebene kommerziell betriebene VW-Umgebung der Universität Birmingham trainiert das Triage-System zur Behandlungsdringlichkeit von Verletzten in einer simulierten Übung [34], deren Ergebnis schon Teil einer ersten Validierung war.

## **Validierung**

Drei der verfügbaren VW-Simulatoren validieren den Zusammenhang zwischen simuliertem Inhalt und realem Inhalt (Inhaltsvalidität; auch Kontentvalidität, Augenscheinvalidität) beim Training von standardisierten Abläufen in der Notfallmedizin [34, 39, 57]. Ein Simulator konnte in einem Notfallszenario die Auswirkung von Vorwissen (Konstruktvalidität) auf die Simulator-Leistung nachweisen [12]. Die Studie legte nahe, dass erfahrene Nutzer im Gegensatz zu weniger erfahrenen, eine deutlich bessere Simulator-Leistung ablegen. Die wesentliche Korrelation zwischen Outcome des Simulator-Trainings und alternativen Trainingsmethoden wurde in drei Virtual Worlds (*3D Emergency Department*, *Virtual Emergency Department*, *Triage Trainer*) nachgewiesen [34, 39, 57] (Konkordanzvalidität; auch Übereinstimmungsvalidität). In allen drei Studien war das Simulator-Training vergleichbar der alternativen Übungsmethoden im Hinblick auf das Outcome. Der Zusammenhang zwischen gemessenem Outcome und künftiger Leistung (Vorhersagevalidität; auch prognostische Validität, prädiktive Validität) wurde ebenfalls bei zwei Simulatoren validiert [17, 34] und ergab eine positive Korrelation.

Hervorzuheben ist das Potenzial der IPS für die Internalisierung diagnostischer und therapeutischer Verfahren wie zum Beispiel Reanimationen oder für Diagnoseprozesse. Im klinischen Alltag geschieht dies durch standardisierte Operationsverfahren [46].

## **Immersion**

Es ist bekannt, dass die Immersion eine wesentliche Rolle bei den VR-Simulatoren spielt, da die Identifikation mit dem Avatar Einfluss auf die Motivation besitzt und folglich den Lernerfolg steigert [21]. Demnach kann durch den Einsatz einer hochwertigen 3D-Umgebung die Festigung von Prozedurenwissen effektiv auf spielerische Weise beeinflusst werden. Immersion ist nicht ausschließlich von der Qualität der grafischen Darstellung abhängig. Benutzerfreundlichkeit einer Simulation ist für die Immersion ebenfalls ausschlaggebend. Unterstützt wird diese Hypothese von Studien, die allesamt positive Inhaltsvaliditäten bekräftigen. Erwähnenswert ist, dass alle diese Studien neben einer High Fidelity 3D-Engine mit realitätstreuer Grafik eine bemerkenswerte Benutzerfreundlichkeit aufweisen [34, 39, 57].

## **5.2 Ergebnisdiskussion aus der Implementierung des IPS-Prototyps *ALICE* in chirurgische Präsenzlehreinheiten und in eine unfallchirurgische Distanzlerneinheit**

Die erste Validierung eines allgemeinchirurgischen Moduls von *ALICE* im Rahmen unserer Forschungsarbeit an 25 Medizinstudenten aus dem zweiten klinischen Semester (6. Fachsemester) des Blockseminars Blockpraktikum Chirurgie Teil 1 zeigte bereits eine signifikante Steigerung ( $p < 0.01$ ) der Vorhersagevalidität nach Durchlaufen der Simulation [29]. Bezüglich der Vorhersage- und der Konstruktvalidität kann nicht ausgeschlossen werden, dass die teilnehmenden Studierenden bereits über Vorwissen hinsichtlich der klassischen allgemeinchirurgischen Krankheitsbilder verfügten. Die gewählten Krankheitsbilder sind zum Teil im Rahmen der Vorlesungsreihe und in den Kompetenzfeldern thematisiert worden, sodass in einem weiteren Schritt das komplexe Krankheitsbild (Ösophaguskarzinom) in das Lernmodul integriert wurde. Bedingt durch die Tatsache, dass das Thema Ösophaguskarzinom bis zum Zeitpunkt des Pilotprojekts nicht Inhalt des vorangegangenen Curriculums war, sollte der Einfluss von bereits vorhandenem Wissen möglichst minimiert werden. Das onkologische Lernmodul des *ALICE*-Prototyps wurde an 62 Medizinstudenten der Universität zu Köln validiert. Die Studenten befanden sich wie bei der allgemeinchirurgischen Machbarkeitsstudie im zweiten klinischen Semester (6. Fachsemester) sowie im Praktischen Jahr (11. und 12. Fachsemester). Eingebettet war die Evaluierung des onkologischen Moduls in das Blockseminar des Blockpraktikums Chirurgie Teil 1. Zusätzlich zu den Teilnehmern des Blockseminars an der Universitätsklinik Köln wurde das onkologische Lernmodul an 10 PJ-Studenten des Sana-Klinikums Remscheid und des Städtischen Klinikums Solingen evaluiert. Bei der Gruppe der teilnehmenden PJ-Studenten konnten am Ende aufgrund technischer Probleme bei der Datenübertragung nur drei Datenreihen ausgewertet werden. Das onkologische Lernmodul von *ALICE* unterstreicht, wie das allgemeinchirurgische Modul, den positiven Einfluss auf die Vorhersagevalidität. Ferner konnte zusätzlich durch das Pilotprojekt ein positiver Einfluss auf die Wissensvermittlung von Clinical Reasoning Skills bei der Behandlung von onkologischen Patienten nachgewiesen werden, da es eine signifikante Verbesserung des korrekten Therapiekonzeptes nach Durchlaufen der Simulation gab [28]. Zu dem gleichen Schluss kommen Middeke et al., die in ihren Untersuchungen an der Universitätsklinik Göttingen im Rahmen der Anwendung eines Serious Game (*EMERGE*) für die Simulationen von internistischen Erkrankungen in der Notaufnahme bessere Ergebnisse von Clinical Reasoning Skills (Parameter: richtige Diagnose und therapeuti-

sche Intervention) bei Studierenden nachweisen konnten, als bei Medizinstudenten, die durch problemorientiertes Lernen unterrichtet wurden [41].

Im unfallchirurgischen Modul wählte man bewusst ein noch nicht beteiligtes Studentenkollektiv aus. In diesem Modul wurden Studierende entsprechend der Zielgruppenanalyse nach Kern aus der Vorklinik rekrutiert. Diese „targeted learners“ galten als ideale Zielgruppe, um ein mögliches Vorwissen gezielt auf ein Minimum zu reduzieren und somit eine valide Aussage bezüglich der Effektivität von *ALICE* auf die Lernleistung bei klinisch unerfahrenen Studenten zu treffen.

Das unfallchirurgische Präsenz-Pilotmodul von *ALICE* zeigte eine positive Vorhersagevalidität für den Zugewinn für das deklarative Wissen. Eine mögliche Ursache für das positive Outcome bei der Beantwortung der Multiple-Choice-Fragen kann an der geringen Anzahl der Multiple-Choice-Fragen liegen, die jedoch bewusst beschränkt wurden, um den immersiven Charakter der Simulation nicht negativ zu beeinflussen. Weiterhin kann nicht ausgeschlossen werden, dass die teilnehmenden Studierenden dennoch über Vorwissen hinsichtlich der unfallchirurgischen Krankheitsbilder verfügten.

Im Hinblick auf das Prozedurenwissen und somit zur Beurteilung der Inhaltsvalidität zeigte die vorliegende Pilotstudie widersprüchliche Ergebnisse.

Bezüglich des Parameters „Zeit“ konnte ein signifikanter Unterschied in der Bearbeitung von Fall 2 zu Fall 4 gezeigt werden. Ob dies tatsächlich allein auf eine Zunahme des Prozedurenwissens zurückzuführen ist, kann abschließend nicht sicher beurteilt werden, sodass ebenfalls über eine Gewöhnung an das Simulator-Lernen als mögliche Ursache der Zeitreduktion spekuliert werden kann.

Im Hinblick auf das Prozedurenwissen bezüglich des Parameters „Durchführung“ konnte gezeigt werden, dass es einen signifikanten Unterschied in der Anzahl des korrekten Diagnostikalgorithmus zwischen Fall 2 und Fall 4 gab. *ALICE* beweist somit eine positive Inhaltsvalidität für das Prozedurenwissen bezüglich korrektem Diagnostikalgorithmus.

Der vordefinierte Parameter „Diagnose und Therapie“ konnte wider Erwarten in der Pilotstudie keine positive Inhaltsvalidität für das Prozedurenwissen nachweisen, sondern lediglich einen positiven Trend aufzeigen. In der detaillierten Auswertung der Ergebnisse bezüglich des Parameters „Diagnose und Therapie“ nach Semesterzugehörigkeit zeigte sich ein besseres Outcome bei den teilnehmenden Studierenden des 2.

Semesters. Da jedoch die Kohortenverteilung nicht homogen war, kann hierdurch keine valide Aussage getroffen werden.

Spekuliert werden kann nun über eine zu kleine Probandengröße. Hierzu erfolgte nach Auswertung der Ergebnisse die Berechnung der Fallzahlen mit Hilfe von G\*Power 3.1.9.6., die für den *t* Test notwendig sind. Als Cohens *d* wurde für die Hypothese mit 0,7 ein mittlerer Effekt angenommen. Die matched pairs Berechnung ergab für einen mittleren Effekt mit Cohens *d* von 0,7 eine Fallzahl von  $n=24$ , um Signifikanzen in der Pilotstudie nachzuweisen.

Ein Primärziel von *ALICE* ist das zeit- und ortsunabhängige Lernen. Der Einfluss des Simulators auf spezifische Parameter zur Beurteilung der Simulatorgüte im Distanzlernen sowie der direkte Vergleich von zwei unterschiedlichen Leistungsgruppen wurde bisher in keinem *ALICE*-Module untersucht.

Das unfallchirurgische Distanzpilot-Modul von *ALICE* zeigte ausschließlich für die Famulatur-Gruppe eine positive Vorhersagevalidität auf den Zugewinn für das deklarative Wissen. Der direkte Vergleich der Famulatur- und PJ-Gruppe unterstreicht, dass *ALICE* eine positive Korrelation für die Konstruktvalidität hat. Das heißt, dass erfahrene Studierende nur wenig von den simulierten Fällen profitieren konnten.

Bezüglich des Parameters „Zeitaufwand“ zeigte die vorliegende Studie widersprüchliche Ergebnisse. Während in der PJ-Gruppe eine signifikante Zeitreduktion nachgewiesen werden konnte, konnte in der Famulatur-Gruppe keine Verbesserung aufgezeigt werden. Insgesamt zeigte sich in beiden Gruppen eine große Spannweite für den Parameter „Zeit“. Insbesondere in Fall 1 zu Fall 4 kam es zu einer deutlichen Abnahme der Spannweite sowohl in der Famulatur- und PJ-Gruppe. Die Spannweite unterstreicht, dass Studierende durch die Simulation nicht hinreichend angeleitet werden, die Fälle möglichst schnell abzuarbeiten.

Besonders der Parameter „unnötige Klicks“ als ein Qualitätsnachweis für eine hohe Güte der Simulation wies für beide Gruppen in Fall 2 und 4 eine deutliche Signifikanz auf.

Eine ausreichende Inhaltsvalidität für den Parameter „unnötige Diagnostik“ konnte für keine der beiden Gruppen nachgewiesen werden. In der jetzigen Version kann *ALICE* Studierende nicht adäquat zur zielgerichteten Diagnostik im Distanzlernen anleiten.

Der vordefinierte Parameter „Diagnose und Therapie“ konnte in der dargestellten Pilotstudie eine positive Inhaltsvalidität für das Prozedurenwissen nur für die Famulatur-Gruppe nachweisen.

Zusammenfassend zeigt das unfallchirurgische Distanz-Modul entsprechend der jeweiligen Gruppe Validität für Vorhersage, Inhalt und Konstrukt sowie einen positiven Einfluss auf den Wissenszuwachs.

Durch das unfallchirurgische Präsenz-Modul von *ALICE* konnte aufgezeigt werden, dass die konzipierten Fälle wohl nicht ausreichend didaktisch für klinisch unerfahrene Studierende in die Simulation eingepflegt waren. Auch scheint es für klinisch unerfahrene Studenten schwierig, eine Beurteilung bezüglich konservativer und operativer Verfahren bei identischen Krankheitsbildern zu treffen.

Das unfallchirurgische Distanz-Modul zeigte, dass insbesondere Studenten im mittleren klinischen Semester vom Einsatz von *ALICE* profitieren konnten. Somit konnten die vorliegenden Studien die äußerst wichtige Erkenntnis aufzeigen, dass die simulierten Fälle dem jeweiligen Studienniveau angepasst sein müssen, sodass es zu keiner Unter- oder Überforderung kommt. Hierzu ist eine didaktische Überarbeitung zwingend erforderlich, um *ALICE* vom ersten vorklinischen Semester bis zum Praktischen Jahr sowohl in der Präsenzlehre als auch im Distanzlernen einsetzen zu können.

Indessen ist zu beachten, dass es sich bei den in dieser Arbeit behandelten *ALICE*-Modulen um eine Teilphase der Curriculumsneugestaltung handelt. Die Implementierung eines gesamten und komplexen Curriculums ohne Teilphasen hat sich nach Kern als nicht sinnvoll herausgestellt. Durch die Einteilung in Phasen ist es möglich, sich auf bestimmte Facetten zu fokussieren, die Motivation der beteiligten Mitarbeiter hochzuhalten und sich mit der Menge an deutlich gewordenen Problemen nicht zu überladen. Dabei soll die neuartige Lehreinheit zunächst nur an einer kleinen Probandengruppe untersucht werden, die der Lehreinheit positiv gegenüber eingestellt ist. Das „Phasing-In“ (stufenweise Einführung) ermöglicht, die gewonnenen Erfahrungen, Evaluationen und Rückmeldungen zu sammeln, kritisch zu analysieren und nach erfolgter Verbesserung neu in die Lehreinheit zu implementieren. Hierdurch erhöhen sich die Chancen auf eine erfolgreiche Gesamtimplementierung [38].

### **5.3 Methodenkritik bezüglich der Implementierung des IPS-Prototyps *ALICE* in chirurgische Lehreinheiten**

Im Rahmen dieser Arbeit kann nicht beantwortet werden, ob *ALICE* einen positiven Einfluss auf die Handlungskompetenzen des Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalogs Medizin (NKLM) (3a: unter Anleitung durchführen und demonstrieren; 3b: selbstständig durchführen und demonstrieren) hat. Hierzu sind kompetenzorientierte Prüfungsformate wie beispielsweise das sogenannte OSCE erforderlich. Eine Überprüfung dieser These erfordert den Vergleich von 2 randomisierten Gruppen (ausschließlich OSCE versus Durchlauf *ALICE* und anschließend OSCE). Dieser Frage wurde in einer weiteren Publikation aus der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Tumorchirurgie der Universität zu Köln bereits nachgegangen. Die Studie konnte den positiven Einfluss auf Wissensgewinn und Studentenmotivation durch *ALICE* in den chirurgischen Inhalten einer OSCE-Prüfung nachweisen [11].

Ferner konnte im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie der Einfluss des Simulators auf die affektiven Lernziele nicht abgebildet werden. Ob neue Haltungen und Einstellungen der teilnehmenden Studierenden erworben wurden, kann nur spekuliert werden. Für eine innovative Lehrmethode ist es zwingend erforderlich, dass *ALICE* in zukünftiger Optimierung weitere kompetenzorientierte Prüfungsformate in die Lehreinheit integriert.

Der Einfluss des Simulator-Lernens auf die Motivation von Studenten wurde bereits ausführlich beschrieben [33] und durch die eigene qualitative Evaluation des unfallchirurgischen Moduls bewiesen. Jedoch muss beachtet werden, dass das Kriterium der Selbsteinschätzungen zur Bewertung kein geeignetes Instrument zur Validierung ist [13] und nur begrenzte Aussagekraft besitzt. Ferner ist anzumerken, dass bei den Modulen ein selbsterstellter Evaluationsfragebogen verwendet wurde. Der Nachteil eines nicht standardisierten Evaluationsfragebogens besteht in der fehlenden Vergleichbarkeit zu anderen virtuellen Patientensimulatoren. Außerdem muss beachtet werden, dass nur freiwillige Teilnehmer rekrutiert wurden, die dem Forschungsprojekt mit großem Interesse gegenüberstanden. Überdies wirkte sich die Begeisterung für die Möglichkeit des freien virtuellen Handelns ohne Einschränkungen auf die Analyse der Studentenleistung aus. Entgegen der Realität sind Studenten geneigt, bei der Vielzahl der diagnostischen Möglichkeiten, die ihnen *ALICE* anbietet, sich von der Faszination der entsprechenden Bilder und Videos zu unnötiger Diagnostik verleiten zu lassen. Obwohl vor dem Simulator-Start eine Einweisung in das Programm erfolgte, in der

ausdrücklich auf die ausschließliche Auswahl von medizinisch indizierter Diagnostik hingewiesen wurde, konnte das oben beschriebene Verhalten der Studierenden beobachtet werden. Aus diesem Grunde ist hier eine weitere Modifizierung der Simulation erforderlich, um Studenten zu motivieren, nur indizierte Diagnostiken einzuleiten, anstatt überflüssige Untersuchungen an den virtuellen Patienten durchzuführen. Dieses Denken ist auch für die spätere Tätigkeit der Studierenden als praktisch tätige Ärzte beispielsweise im Hinblick auf Ökonomisierung und Strahlenschutz wesentlich.

#### **5.4 Nutzen, Chancen und Limitierung von *ALICE* in einer chirurgischen Lehreinheit**

Der Erfolg eines Curriculums sollte nicht nur an den vom Gesetzgeber vorgegeben Leistungsanforderungen der Approbationsordnung gemessen werden. Studenten müssen auf dem Weg zur Approbation mannigfaltige Kompetenzen erwerben, um sowohl affektive als auch psychomotorische Fertigkeiten zu erlernen und zu verinnerlichen.

*ALICE* verfolgt das Ziel, ein neuartiger kosteneffizienter Simulator-Prototyp zu sein, der zur Unterstützung der klinischen chirurgischen Lehre eingesetzt werden kann. Mit den traditionellen Lehrformaten werden die Studierenden derzeit nur unzureichend in Anamneseerhebung, Anwenden von SOPs sowie im Clinical Reasoning unterrichtet. Der klassische Unterricht in Chirurgie ist in Form von Lehrbüchern und Präsentationen zu einem großen Teil theoretischer Natur. Ein weiteres Hauptlehrziel des chirurgischen Curriculums ist die Präsentation von operativen Therapien bei verschiedensten chirurgischen Krankheitsbildern. Während des Blockpraktikums erfolgt die Hospitation im OP-Saal. Hierbei wird jedoch nicht der OP-Verlauf mit den entscheidenden operativen Schritten sowie anatomischen und pathologischen Strukturen verinnerlicht. Operatives Verständnis bedingt räumliches Vorstellungsvermögen. Bei den klassischen Lehrmethoden können überwiegend nur zweidimensionale Abbildungen erzeugt werden. Hierbei wird die intellektuelle Transferleistung vom zweidimensionalen zum räumlichen Vorstellen vernachlässigt. Die Lernziele über Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit chirurgischen Krankheitsbildern sind im Nationalen Lernzielkatalog (NKLM) aufgeführt. Idealerweise sollte es zum Erreichen dieser Lernziele ein longitudinal verknüpftes, integratives Curriculum geben, welches die Studierenden realistisch auf den später alltäglichen Umgang mit chirurgischen Patienten vorbereitet. Ein longitudinal verknüpftes, integratives Curriculum sollte den Studierenden die Möglichkeit eröffnen, selbständig und entsprechend ihrem individuellen Lernfortschritt

das eigene Lernen zu gestalten. Radiologische Befunde sowie operative Therapien können in optimaler Weise dreidimensional in speziellen virtuellen E-Learning Programmen dargestellt werden, die longitudinal während des gesamten Studiums genutzt werden können.

Die Kategorisierung der Kompetenzebenen, wie im unfallchirurgischen Modul von *ALICE* vorgenommen, ist ebenfalls in der späteren fachärztlichen Weiterbildung jeglicher Fachrichtung von Wichtigkeit. Das Ziel der aktuellen Weiterbildungsordnung ist eine kompetenzbasierte Weiterbildung, die sich künftig mehr am Nachweis von Kompetenzen als an der Erfüllung von Zeiten orientiert. Die Kernfrage soll nicht mehr lauten, *wie oft* und *in welcher Zeit* Weiterbildungsinhalte erbracht wurden, sondern *wie* und *in welcher Form* Kenntnisse (Kognitive und Methodenkompetenz), Erfahrungen und Fertigkeiten (Handlungskompetenz) erworben wurden. Die gewonnenen Kenntnisse, Erfahrungen und Fertigkeiten sind künftig in vier Kategorien zu bescheinigen:

- Inhalte, die der Weiterzubildende beschreiben kann.
- Inhalte, die er systematisch einordnen und erklären kann.
- Fertigkeiten, die der Weiterzubildende unter Supervision durchführen kann.
- Fertigkeiten, die er selbstverantwortlich durchführen kann. ((Muster-)Weiterbildungsordnung (MWBO) 2018 der Bundesärztekammer).

Die Orientierung der medizinischen Lehre an spätere Herausforderungen in der fachärztlichen Weiterbildung sollte möglichst frühzeitig in das Studium implementiert werden.

Der visuelle Charakter der immersiven Patientensimulatoren beschränkt sich auf die Erfahrung der visuellen und auditiven Sinneswahrnehmung. Eine ausreichende Simulation körperlicher Untersuchungen und professioneller Kommunikationsfähigkeiten sind kaum möglich. Besonders mit Blick auf das Fachgebiet der Chirurgie kann *ALICE* die manuellen Fähigkeiten, die diese Fachrichtung voraussetzt, nicht nachhaltig fördern. Auch die Kommunikationsfähigkeit innerhalb eines Teams, die zur Teamarbeit unerlässlich ist, kann durch eine computergestützte Simulation nicht ausreichend gefördert werden. Ebenfalls ist die virtuelle Simulation empathischer ärztlicher Gesprächsführung nicht für die studentische Ausbildung angedacht. *ALICE* möchte den Studierenden die nötige Fachkompetenz zum verantwortungsvollen ärztlichen Handeln

vermitteln. Darüber hinaus sind wohl nicht alle Studenten gleichermaßen für dieses neue Lernkonzept geeignet [35], sodass die Kombination aus unterschiedlichen Lehrveranstaltungen unerlässlich bleibt. Die digitale Bereitstellung von Lehrinhalten unter Einbeziehung verschiedenster Lehrformate (Texte, Präsentationen, Bilder, Videosequenzen) zusätzlich zu den klassischen Lehrmethoden kann den Einstieg zu komplexen Lehrinhalten erleichtern. Hierbei ist zu beachten, dass den Studierenden der Zugang zu einer konstanten Lehrplattform im Sinne eines longitudinal ausgerichteten Curriculums ermöglicht wird („Wiedererkennungseffekt“, Wiederholung durchlaufener E-Learning Einheiten im individuellen Tempo und Häufigkeit). Die Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Bedside Teaching, Skills Lab, Schauspielpatienten) hat sich für die klinische und im besonderen Maße für die chirurgische Lehre als eine besonders wirksame Lehrmethode herausgestellt [19, 58]. Diese Lehrveranstaltungen sind in kleinen Gruppen besonders effektiv, wenn sich das Wissen der Studenten auf einem gleichen Level befindet [50]. Jedoch wird das Lernen in Kleingruppen durch die immer größer werdende Arbeitsbelastung der Krankenhausärzte [14], die einschränkenden Arbeitszeitgesetze sowie die veränderte Haltung und Erwartungen der heutigen Studentengeneration im Sinne der „Generation Z“ beeinflusst. An dieser Stelle kann *ALICE* die klinische Lehre unterstützen, indem *ALICE* die Studenten auf die Präsenzkurse vorbereitet. *ALICE* bietet den Studenten ein zeit- und ortsunabhängiges Lernen, bei dem jeder Student sein individuelles Lerntempo wählen kann und ein unbeschränktes Wiederholen der Fälle möglich ist. Die Patientensimulation in einer virtuellen Umgebung ermöglicht einen Praxisbezug ohne Konsequenzen für reale Patienten. Fehler sind hingegen für das Lernen wichtig, um diese im klinischen Alltag zu verhindern. Zusammen mit dem Fakten- und Prozedurenwissen stellt die menschliche Ebene den wesentlichen Bestandteil der ärztlichen Haltung dar.

Die sofortige postprozedurale Kontrolle der Studentenleistung nach dem Training ist eine bekannte und anerkannte Methode, um einen wirksamen Anreiz des Wissenszuwachs zu schaffen [55]. *ALICE* bietet eine Nachbesprechung nach jedem absolvierten Fall an. Somit wird nach jedem Fall allgemeines deklaratives Wissen zur Verfügung gestellt und ferner die individuellen Entscheidungen der Studenten bezüglich des Diagnose- und Therapiealgorithmus ausführlich kommentiert. Dennoch ist zu erwähnen, dass eine computergenerierte Zusammenfassung nicht auf die individuellen Ansprüche der Studenten ausgerichtet ist. Ein persönliches Feedback der individuellen Stärken und Schwächen durch einen erfahrenen klinischen Lehrer ist einer der großen Vorteile, die das Lernen in einer Kleingruppe bietet.

Der direkte Vergleich zwischen einer neuen und einer traditionellen Lehrmethode in Bezug auf den Lernerfolg stellt eine große Herausforderung dar, da der Lernerfolg von vielen unterschiedlichen Faktoren beeinflusst wird. Die Wirksamkeit von Lehrmethoden kann durch verschiedene Validitätsstufen bemessen und entsprechend evaluiert werden [7]. Die Immersion unter den avatarbasierten Simulatoren ist von großer Bedeutung. Es wurde deutlich, dass sich die Identifikation mit dem Avatar auf den Lernprozess auswirkt, da neben der visuellen High-Fidelity-Präsentation [24] auch die Lernleistung positiv beeinflusst wird [21]. Allerdings ist der Immersionsgrad von vielen unterschiedlichen Faktoren abhängig [35] und folglich nur schwer zu verifizieren. Bei einem Schlüsselfaktor handelt es sich um die technische Qualität, die ein ständiger Balanceakt zwischen zwei Limitationen ist. Auf der einen Seite steht die Verfügbarkeit und auf der anderen Seite die Systemkompatibilität. *ALICE* gewährleistet eine ubiquitäre Verfügbarkeit, indem eine Plattform zur Verfügung gestellt wird, die direkt auf die Endgeräte der Nutzer übertragen wird. Dennoch ist anzumerken, dass die Übertragungsgeschwindigkeit und die technische Limitation hinsichtlich der grafischen Möglichkeiten der Webbrowser die grafische Qualität und demzufolge den Grad der Immersion beeinträchtigt.

Weder beansprucht *ALICE* das gegenwärtige klinische chirurgische Curriculum zu ersetzen, noch ist *ALICE* dazu in der Lage. Die klinische Ausbildung und Lehre ist nicht nur auf Vermittlung standardisierter Arbeitsabläufe limitiert, sondern wird getragen von der Qualität der klinischen Forschung, von der Evaluierung verschiedener Hypothesen und von der klinischen Professionalität der Dozenten. Diese Kompetenzen können nur schwer durch den Einsatz virtueller Patientensimulatoren vermittelt werden.

## **5.5 Schlussfolgerung**

Immersive Patientensimulatoren können potenziell das Lernen fördern und das Prozedurenwissen festigen. Webbasierte Simulatoren ermöglichen ein zeit- und ortsunabhängiges Lernen in individuellem Lerntempo. Die aktuelle Studienlage beim Einsatz von immersiven Patientensimulatoren ist nach wie vor kaum erforscht. In technischen wie auch pädagogischen Ansätzen unterscheiden sich die Simulatoren. Akademisch betriebene IPSs können eventuell die Inhaltsvalidität verbessern, die Validitätsebene fördern und diese Bildungskonzepte für alle Medizinstudenten zugänglich machen.

*ALICE* wurde als Low-Budget Projekt aufgebaut und dient als Machbarkeitsstudie für zukünftige Optimierungen. Der gegenwärtige Prototyp stellt einen Kompromiss zwischen Realisierbarkeit und grafischer Qualität dar.

Trotz des großen Ressourcen- und Zeitaufwandes der Fallkonstruktionen des unfallchirurgischen Moduls konnte die Studie hinsichtlich des gesteigerten Lernerfolges und positiver Evaluation durch die Studierenden den Aufwand rechtfertigen. Im studentischen Feedback der bisherigen Module verdeutlichte sich, dass der Bedarf nach zusätzlichen Lernfällen groß ist.

Im klinischen Curriculum eingesetzt, kann der Simulator die klinische Lehre idealerweise im Kontext des Blended Learning unterstützen und fördern. Als vorbereitende Maßnahme in der klinischen Ausbildung bietet *ALICE* die Möglichkeit, das Bedside Teaching möglichst effektiv, sowohl für Studenten als auch für den Hochschullehrer zu gestalten. Ein langlebiges und erfolgreiches Curriculum ist ein dynamischer Prozess, der abhängig von neuen Gegebenheiten ständig weiterentwickelt wird. Ein modernes, nach aktuellen didaktischen Maßstäben entwickeltes Lehrkonzept beinhaltet nicht nur das sogenannte „Written or Intended Curriculum“, sondern bezieht alle erforderlichen Ressourcen wie Personal, Zeit, Kosten und Infrastruktur mit ein. Die Ressourcen müssen einer stetigen Überprüfung unterzogen werden, um eine standardisierte Qualität des Curriculums zu gewährleisten.

Es ist unerlässlich, das bisherige E-Learning mit einer vergleichbaren technischen und grafischen Qualität auszustatten, die bei der aktuellen Spielegeneration bereits State of the Art ist. Im Hinblick auf das aktuelle Digitalisierungszeitalter ist es unwahrscheinlich, Studierende mit veralteter Grafik für das Thema E-Learning zu begeistern. Ständige Aktualisierung und Instandhaltung der Programme sind unabdingbar. Auch sind zur Etablierung der neuen Medien in das medizinische Curriculum Investitionen von Seiten des Gesetzgebers erforderlich.

Ferner setzt die Etablierung dieser neuen Lernmethode ein kompetentes multiprofessionelles interdisziplinäres Team voraus. Die Implementierung von *ALICE* gestaltete sich als ambitioniertes Projekt, das jedoch in Zukunft nur mit zusätzlichem Personal (Erweiterung der Lernumgebung „targeted learning environment“) als Zusammenschluss in einer Arbeitsgemeinschaft Lehre realisierbar ist.

In Zukunft wird *Thinking Worlds* als Autorentool für *ALICE* nicht mehr zur Verfügung stehen. Das Programm wird durch die betreibende Firma seit längerem nicht mehr aktualisiert und gepflegt. Für die nächste Generation von *ALICE* wird eine Simulation mit dem Lern- und Autorentool *Unity-3D* durchgeführt. Dieses Programm garantiert eine deutlich bessere Qualität der Simulation im Hinblick auf die technische und grafische Umsetzung (Abbildung 34). Die neue Generation von *ALICE* wird in Zukunft eigens für den Simulator produzierte Videosequenzen aus dem Arbeitsalltag der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Tumorchirurgie des Universitätsklinikums Köln enthalten. Diese werden für die entsprechenden Krankheitsbilder mit einer GoPro Kamera aus Sicht des Operateurs aufgenommen. Damit können den Studierenden die chirurgischen OP-Verfahren sukzessive erklärt werden. Operationsvideos sind bereits durch kommerziell betriebene Internetseiten (z.B. *webop*) bekannt. Der Einsatz von 3D Virtual Reality Brillen zur Verbesserung der Immersion soll in zukünftigen Simulationen ebenfalls vorgenommen werden.

Hinzuzufügen ist, dass dieses Autorentool wesentlich anspruchsvoller zu programmieren ist, sodass es der Hilfe professioneller Gamedesigner bedarf, um einen auf lange Sicht attraktiven Simulator zu kreieren. Für die Anwendung als Distanzlerneinheit wird hierzu die Programmierung einer App erforderlich sein, um den Simulator orts- und zeitunabhängig zu bearbeiten.

Das Problem der Digitalisierung im deutschen Bildungssektor ist seit vielen Jahren bekannt, doch erst die aktuelle Corona-Pandemie hat die eindrücklichen Defizite des deutschen Bildungssektors im Bereich E-Learning offenbart. Hierzu sind trotz aller bekannter Vorteile der virtuellen Patientensimulatoren Langzeitstudien erforderlich, die eine Bewertung der Lerneffekte untersuchen, um die aufwendige Aufrüstung an Universitätskliniken zu legitimieren.



Abbildung 34: Screenshot von ALICE „The Next Generation“

## 6 Literaturverzeichnis

1. Alverson DC, Saiki SM, Jr., Kalishman S, Lindberg M, Mennin S, Mines J, Serna L, Summers K, Jacobs J, Lozanoff S et al: Medical students learn over distance using virtual reality simulation. *Simulation in healthcare : journal of the Society for Simulation in Healthcare* 2008, 3(1):10-15.
2. Arnold P, Kilian L, Thilloßen A, Zimmer G: *E-Learning - Handbuch für Hochschulen und Bildungszentren: Didaktik, Organisation, Qualität*. Nürnberg: BW Bildung und Wissen; 2004.
3. Back DA, Haberstroh N, Sostmann K, Schmidmaier G, Putzier M, Perka C, Hoff E: High efficacy and students' satisfaction after voluntary vs mandatory use of an e-learning program in traumatology and orthopedics--a follow-up study. *Journal of surgical education* 2014, 71(3):353-359.
4. Beivers A, Waehlert L: Steuerung der Mengendynamik nach dem KHSG: Implikationen für die Krankenhäuser. In: Da-Cruz, P., Rasche, C. und Pfannstiel, M. (Hrsg.): *Entrepreneurship im Gesundheitswesen 2017*. Berlin. S. 123–137.
5. Bundesministerium für Gesundheit (BMG) (2018): Entwurf von Eckpunkten zur Reform der Notfallversorgung, 5. Dezember 2018. Berlin.
6. Burkhart KJ, Dietz SO, Bastian L, Thelen U, Hoffmann R, Müller LP: The treatment of proximal humeral fracture in adults. *Dtsch Arztebl Int* 2013; 110(35–36): 591–7. DOI: 10.3238/arztebl.2013.0591.
7. Carter FJ, Schijven MP, Aggarwal R, Grantcharov T, Francis NK, Hanna GB, Jakimowicz JJ: Consensus guidelines for validation of virtual reality surgical simulators. *Surgical endoscopy* 2005, 19(12):1523-1532.
8. Catchpole K, Mishra A, Handa A, McCulloch P: Teamwork and error in the operating room: analysis of skills and roles. *Annals of surgery* 2008, 247(4):699-706

9. Caudell TP, Summers KL, Holten Jt, Hakamata T, Mowafi M, Jacobs J, Lozanoff BK, Lozanoff S, Wilks D, Keep MF et al: Virtual patient simulator for distributed collaborative medical education. *Anatomical record Part B, New anatomist* 2003, 270(1):23-29.
10. Chodos D, Stroulia E, King S: MeRiTS: simulation-based training for healthcare professionals. *Studies in health technology and informatics* 2011, 163:125-131.
11. Chon SH, Hilgers S, Timmermann F, Dratsch T, Plum PS, Berlth F, Datta R, Alakus H, Schlosser HA, Schramm C et al: Web-Based Immersive Patient Simulator as a Curricular Tool for Objective Structured Clinical Examination Preparation in Surgery: Development and Evaluation. *JMIR serious games* 2018, 6(3):e10693.
12. Cohen D, Sevdalis N, Patel V, Taylor M, Lee H, Vokes M, Heysb M, Taylor D, Batrick N, Darzi A: Tactical and operational response to major incidents: Feasibility and reliability of skills assessment using novel virtual environments. *Resuscitation* 2013, 84(7):992-998.
13. Davis DA, Mazmanian PE, Fordis M, Van Harrison R, Thorpe KE, Perrier L: Accuracy of physician self-assessment compared with observed measures of competence: a systematic review. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 2006, 296(9):1094-1102.
14. Degen C, Weigl M, Glaser J, Li J, Angerer P: The impact of training and working conditions on junior doctors' intention to leave clinical practice. *BMC medical education* 2014, 14:119.
15. Desurvire H, El-Nasr MS: Methods for game user research: studying player behavior to enhance game design. *IEEE computer graphics and applications* 2013, 33(4):82-87.
16. Dev P, Heinrichs WL, Youngblood P: CliniSpace: a multiperson 3D online immersive training environment accessible through a browser. *Studies in health technology and informatics* 2011, 163:173-179.

17. Funke K, Bonrath E, Mardin WA, Becker JC, Haier J, Senninger N, Vowinkel T, Hoelzen JP, Mees ST: Blended learning in surgery using the Inmedea Simulator. *Langenbeck's archives of surgery / Deutsche Gesellschaft für Chirurgie* 2012.
18. Funke K, Bonrath E, Mardin WA, Becker JC, Haier J, Senninger N, Vowinkel T, Hoelzen JP, Mees ST: Blended learning in surgery using the Inmedea Simulator. *Langenbeck's archives of surgery / Deutsche Gesellschaft für Chirurgie* 2013, 398(2):335-340.
19. Gerdes B, Hassan I, Maschuw K, Schlosser K, Bartholomäus J, Neubert T, Schwedhelm B, Petrikowski-Schneider I, Wissner W, Schonert M et al: [Instituting a surgical skills lab at a training hospital]. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin* 2006, 77(11):1033-1039.
20. Gorbanev I, Agudelo-Londoño S, González RA, Cortes A, Pomares A, Delgadillo V, Yepes FJ, Muñoz Ó: A systematic review of serious games in medical education: quality of evidence and pedagogical strategy. In: *Med Educ Online*. 2018, 23 (1). S. 1438718. online doi: 10.1080/10872981.2018.1438718, PMID: 29457760, PMCID: PMC5827764.
21. Gutierrez F, Pierce J, Vergara VM, Coulter R, Saland L, Caudell TP, Goldsmith TE, Alverson DC: The effect of degree of immersion upon learning performance in virtual reality simulations for medical education. *Studies in health technology and informatics* 2007, 125:155-160.
22. Hattie J, Timperley H: The Power of Feedback. *Rev Educ Res*. 2007, 77(1):81– 112.
23. Horstmann M, Renninger M, Hennenlotter J, Horstmann CC, Stenzl A: Blended E-learning in a Web-based virtual hospital: a useful tool for undergraduate education in urology. *Education for health* 2009, 22(2):269.
24. Huerta R: Measuring the impact of narrative on player's presence and immersion in a first person game environment. Ann Arbor: THE UNIVERSITY OF TEXAS - PAN AMERICAN; 2012.

25. Jayakumar N, Brunckhorst O, Dasgupta P, Khan MS, Ahmed K: e-Learning in Surgical Education: A Systematic Review. *Journal of surgical education* 2015, 72(6):1145-1157.
26. Kamel Boulos MN, Ramloll R, Jones R, Toth-Cohen S: Web 3D for public, environmental and occupational health: early examples from second life. *International journal of environmental research and public health* 2008, 5(4):290-317.
27. Katsyri J, Hari R, Ravaja N, Nummenmaa L: Just watching the game ain't enough: striatal fMRI reward responses to successes and failures in a video game during active and vicarious playing. *Frontiers in human neuroscience* 2013, 7:278.
28. Kleinert R, Heiermann N, Plum PS, Wahba R, Chang DH, Maus M, Chon SH, Hoelscher AH, Stippel DL: Web-Based Immersive Virtual Patient Simulators: Positive Effect on Clinical Reasoning in Medical Education. *Journal of medical Internet research* 2015, 17(11):e263.
29. Kleinert R, Heiermann N, Wahba R, Chang DH, Holscher AH, Stippel DL: Design, Realization, and First Validation of an Immersive Web-Based Virtual Patient Simulator for Training Clinical Decisions in Surgery. *Journal of surgical education* 2015, 72(6):1131-1138.
30. Kleinert R, Plum P, Heiermann N, Wahba R, Chang DH, Holscher AH, Stippel DL: Embedding a Virtual Patient Simulator in an Interactive Surgical lecture. *Journal of surgical education* 2016, 73(3):433-441.
31. Kleinert R, Wahba R, Chang DH, Plum P, Holscher AH, Stippel DL: 3D immersive patient simulators and their impact on learning success: a thematic review. *Journal of medical Internet research* 2015, 17(4):e91.
32. Klopfer T, Hemmann P, Ziegler P: Proximale Femurfraktur und Insuffizienzfrakturen im Alter. *Trauma Berufskrankh* 19, 27–36 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10039-016-0203-0>

33. Knight J: Mentor for success. *Nursing standard* 2010, 25(5):18-19.
34. Knight JF, Carley S, Tregunna B, Jarvis S, Smithies R, de Freitas S, Dunwell I, Mackway-Jones K: Serious gaming technology in major incident triage training: a pragmatic controlled trial. *Resuscitation* 2010, 81(9):1175-1179.
35. Kuhlen TW, Hentschel B: Quo vadis CAVE: does immersive visualization still matter? *IEEE computer graphics and applications* 2014, 34(5):14-21.
36. Kurenov SN, Cance WW, Noel B, Mozingo DW: Game-based mass casualty burn training. *Studies in health technology and informatics* 2009, 142:142-144.
37. Lee CH, Liu A, Del Castillo S, Bowyer M, Alverson D, Muniz G, Caudell TP: Towards an immersive virtual environment for medical team training. *Studies in health technology and informatics* 2007, 125:274-279.
38. Lemon M, Greer T, Siegel B: Implementation issues in generalist education. *J Gen Intern Med* 1994, 1:98-104.
39. LeRoy Heinrichs W, Youngblood P, Harter PM, Dev P: Simulation for team training and assessment: case studies of online training with virtual worlds. *World journal of surgery* 2008, 32(2):161-170.
40. Meschenmoser H: *Lernen mit Medien: Zur Theorie, Didaktik und Gestaltung von Interaktiven Medien im fächerübergreifenden Unterricht* Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren 1999.
41. Middeke A, Anders S, Schuelper M, Raupach T, Schuelper N: Training of clinical reasoning with a Serious Game versus small-group problem-based learning: A prospective study. *PLoS One*. September 11 2018, 13 (9): e0203851. doi: 10.1371/journal.pone.0203851. eCollection.
42. Miller GE: The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic medicine : journal of the Association of American Medical Colleges* 1990, 65(9 Suppl):S63-67.

43. Nalliah RP, Allareddy V: Weakest students benefit most from a customized educational experience for Generation Y students. *PeerJ* 2014, 2:e682.
44. O'Neill TW, Cooper C, Finn JD: Incidence of distal forearm fracture in British men and women. *Osteoporos* 2001, *Int* 12:555–558.
45. Ochsmann E, Drexler H, Schmid K.: Medizinstudium: Berufseinstieg bereitet vielen Absolventen Probleme. In: *Deutsches Ärzteblatt*, Jahrgang 107. Ausgabe 14/2010, online unter: <https://www.aerzteblatt.de/archiv/73243>.
46. Papakonstantinou D, Poulymenopoulou M, Malamateniou F, Vassilacopoulos G: Enabling the use of enhanced medical SOPs by an mLearning training solution. *Studies in health technology and informatics* 2013, 190:86-88.
47. Rede von Bundeskanzlerin Merkel zur Eröffnung der gamescom am 22. August 2017. Online unter: <https://www.bundeskanzlerin.de/bkinde/aktuelles/rede-von-bundeskanzlerin-merkel-zur-eroeffnung-der-gamescom-am-22-august-2017-392398>.
48. Schuelper N, Raupach T: Serious Games im Medizinstudium. Nun lasst den Worten Daten folgen (2019). Blogbeitrag auf [hochschulformdigitalisierung.de](https://hochschulformdigitalisierung.de), online unter: <https://hochschulformdigitalisierung.de/de/blog/serious-games-im-medizin-studium-nun-lasst-den-worten-daten-folgen>.
49. Skowronek H: Lernfähigkeit. In: *Psychologie der Erwachsenenbildung Enzyklopädie der Psychologie*. Volume 4, edn. Edited by Weinert FE, Mandl H. Göttingen: Hogrefe; 1997: 354-360.
50. Sutkin G, Wagner E, Harris I, Schiffer R: What makes a good clinical teacher in medicine? A review of the literature. *Academic medicine : journal of the Association of American Medical Colleges* 2008, 83(5):452-466.
51. Tergan SO: Hypertext und Hypermedia: Konzeption, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme. In: *Information und Lernen mit Multimedia*. 2 edn. Edited by Issing LJ, Klimsa P. Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union; 1997: 123-138.

52. Thomas PA, Kern DE, Hughes MT, Chen BY: Curriculum Development for Medical Education: A Six-Step Approach. 3rd ed. Baltimore: JHU Press 2016.
53. Tolks D, Schäfer C, Raupach T, Kruse L, Sarikas A, Gerhardt-Szép S: An Introduction to the Inverted/Flipped Classroom Model in Education and Advanced Training in Medicine and in the Healthcare Professions. *GMS J Med Educ.* 2016; 33(3):Doc46.
54. Wahl D: Lernumgebungen erfolgreich gestalten: Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln. 3. Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt 2013.
55. Welke TM, LeBlanc VR, Savoldelli GL, Joo HS, Chandra DB, Crabtree NA, Naik VN: Personalized oral debriefing versus standardized multimedia instruction after patient crisis simulation. *Anesthesia and analgesia* 2009, 109(1):183-189.
56. Wunschel M, Leichtle U, Wulker N, Kluba T: Using a web-based orthopaedic clinic in the curricular teaching of a German university hospital: Analysis of learning effect, student usage and reception. *Int J Med Inform* 2010, 79(10):716-721.
57. Youngblood P, Harter PM, Srivastava S, Moffett S, Heinrichs WL, Dev P: Design, development, and evaluation of an online virtual emergency department for training trauma teams. *Simulation in healthcare : journal of the Society for Simulation in Healthcare* 2008, 3(3):146-153.
58. Zendejas B, Brydges R, Wang AT, Cook DA: Patient Outcomes in Simulation-Based Medical Education: A Systematic Review. *Journal of general internal medicine* 2013.

## 7 Anhang

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: SCREENSHOT DES IMMERSIVEN PATIENTENSIMULATORS <i>ALICE</i> .....	18
ABBILDUNG 2: LERNZYKLUS NACH KERN (EIGENE DARSTELLUNG).....	19
ABBILDUNG 3: DIE UNFALLCHIRURGISCHE PRÄSENZLEHREINHEIT BASIERT AUF DEM KONZEPT DER MILLER-PYRAMIDE (MODIFIZIERT NACH MILLER, 1990) .....	24
ABBILDUNG 4: KOMPETENZEbenen DES NKLM IM VERGLEICH ZUR MILLER-PYRAMIDE MIT DEN ENTSPRECHENDEN KORRESPONDIERENDEN PRÜFUNGSFORMATEN, ANGELEHNT AN DEN NATIONALEN KOMPETENZBASIERTE LERNZIELKATALOG DER MEDIZIN VON 2015 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	25
ABBILDUNG 5: ABLAUFPLAN DER UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT .....	30
ABBILDUNG 6: SCREENSHOT DES INMEDEA SIMULATOR (COMPUGROUP MEDICAL, KOBLENZ, DEUTSCHLAND).....	35
ABBILDUNG 7: BEHANDLUNG NACH DEM OPTIMALEN ALGORITHMUS FÜR DAS UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -MODUL (DIE HELL- UND DUNKELBLAUEN ELEMENTE KÖNNEN FREI GEWÄHLT WERDEN.) .	40
ABBILDUNG 8: KRANKENGESCHICHTE NACH DEM OPTIMALEN ALGORITHMUS DES UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -MODULS .....	41
ABBILDUNG 9: KÖRPERLICHE UNTERSUCHUNG NACH DEM OPTIMALEN ALGORITHMUS DES UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -MODULS .....	41
ABBILDUNG 10: DIAGNOSTIK NACH DEM OPTIMALEN ALGORITHMUS DES UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -MODULS.....	42
ABBILDUNG 11: DIAGNOSE UND THERAPIE NACH DEM OPTIMALEN ALGORITHMUS DES UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -MODULS .....	43
ABBILDUNG 12: SCREENSHOT DER NACHBESPRECHUNG MIT DEM VIRTUELLEN LEHRER DES UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -MODULS .....	51
ABBILDUNG 13: STUDENTENKOLLEKTIV DER UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT ..	55
ABBILDUNG 14: KOHORTENVERTEILUNG DER UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT	55
ABBILDUNG 15: MITTELWERTE DER QUALITATIVEN EVALUATION DES LERNANGEBOTES DER UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT .....	57
ABBILDUNG 16: VERGLEICH DER MITTELWERTE AUS DEN PRÄ- UND POST-TESTS IM <i>t</i> TEST DER UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS DEKLARATIVE WISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ) .....	58
ABBILDUNG 17: MITTELWERTE FÜR DIE BENÖTIGTE ZEIT FÜR DIE LÖSUNG DER FÄLLE 1 BIS 4 DER UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ) .....	61
ABBILDUNG 18: KORREKTER DIAGNOSTIKALGORITHMUS DER FÄLLE 1 BIS 4 DER UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ) .....	62
ABBILDUNG 19: KORREKTE DIAGNOSE UND THERAPIE DER FÄLLE 1 BIS 4 DER UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ) .....	63
ABBILDUNG 20: STUDENTENKOLLEKTIV (6. SEMESTER) DER UNFALLCHIRURGISCHE <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT .....	65

ABBILDUNG 21: STUDENTENKOLLEKTIV (3. SEMESTER) DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT .....	66
ABBILDUNG 22: KOHORTENVERTEILUNG DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT .	66
ABBILDUNG 23: MITTELWERTE DER QUALITATIVEN EVALUATION DES LERNANGEBOTES DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT .....	68
ABBILDUNG 24: VERGLEICH DER MITTELWERTE AUS DEN PRÄ- UND POST-TESTS IM <i>t</i> TEST DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS DEKLARATIVE WISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ; 6. SEMESTER) .....	69
ABBILDUNG 25: VERGLEICH DER MITTELWERTE AUS DEN PRÄ- UND POST-TESTS IM <i>t</i> TEST DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS DEKLARATIVE WISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ; 3. SEMESTER) .....	69
ABBILDUNG 26: MITTELWERTE FÜR DIE BENÖTIGTE ZEIT FÜR DIE LÖSUNG DER FÄLLE 2 UND 4 DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ; 6. SEMESTER) .....	72
ABBILDUNG 27: MITTELWERTE FÜR DIE BENÖTIGTE ZEIT FÜR DIE LÖSUNG DER FÄLLE 2 UND 4 DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ; 3. SEMESTER) .....	72
ABBILDUNG 28: MITTELWERTE DER UNNÖTIG GETÄTIGTEN KLICKS DER FÄLLE 2 UND 4 DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ; 6. SEMESTER) .....	73
ABBILDUNG 29: MITTELWERTE DER UNNÖTIG GETÄTIGTEN KLICKS DER FÄLLE 2 UND 4 DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ; 3. SEMESTER) .....	74
ABBILDUNG 30: ANZAHL VON UNNÖTIGER DIAGNOSTIK DER FÄLLE 2 UND 4 DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ; 6. SEMESTER).....	75
ABBILDUNG 31: ANZAHL VON UNNÖTIGER DIAGNOSTIK DER FÄLLE 2 UND 4 DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ; 3. SEMESTER).....	75
ABBILDUNG 32: KORREKTE DIAGNOSE UND THERAPIE DER FÄLLE 2 UND 4 DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ; 6. SEMESTER).....	76
ABBILDUNG 33: KORREKTE DIAGNOSE UND THERAPIE DER FÄLLE 2 UND 4 DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT (AUSWIRKUNG AUF DAS PROZEDURENWISSEN BEIM EINSATZ VON <i>ALICE</i> ; 3. SEMESTER).....	77
ABBILDUNG 34: SCREENSHOT VON <i>ALICE</i> „THE NEXT GENERATION“ .....	94

## 7.2 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ENTWICKLUNGSSCHRITTE DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT ...	28
TABELLE 2: INTERNETANALYSE ZU E-LEARNING ANGEBOTEN AN DEUTSCHEN UNIVERSITÄTSKLINIKEN	34
TABELLE 3: INTERNETANALYSE ZU E-LEARNING ANGEBOTEN AN DEUTSCHEN UNIVERSITÄTSKLINIKEN	35
TABELLE 4: ÜBERSICHT DER SIMULIERTEN FÄLLE IM UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -MODUL .....	37
TABELLE 5: STUDENTISCHE VERANSTALTUNGSKRITIK LEHRVERANSTALTUNGEN IM MODELLSTUDIENGANG HUMANMEDIZIN IM WINTERSEMESTER 2012/2013 .....	46
TABELLE 6: STUDENTISCHE VERANSTALTUNGSKRITIK LEHRVERANSTALTUNGEN IM MODELLSTUDIENGANG HUMANMEDIZIN IM SOMMERSEMESTER 2015 .....	46
TABELLE 7: SPEZIFISCHE LERNZIELE DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT .....	48
TABELLE 8: SMART-LERNZIELE DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT .....	49
TABELLE 9: BLUEPRINT DES IPS-FRAMEWORKS DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> - PRÄSENZLEHREINHEIT .....	53
TABELLE 10: DETAILLIERTE DEMOGRAFIE DER PROBANDEN IN DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> - PRÄSENZLEHREINHEIT .....	54
TABELLE 11: DETAILLIERTE ERGEBNISSE DES PRÄ-UND POST-TEST DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT .....	58
TABELLE 12: DETAILLIERTE ERGEBNISSE DES ZEITAUFWANDS IN SEKUNDEN DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT .....	60
TABELLE 13: DETAILLIERTE ERGEBNISSE BEZÜGLICH EINHALTUNG DES KORREKTEN DIAGNOSTIKALGORITHMUS DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT (ANZAHL DER STUDENTEN NACH SEMESTERN) .....	62
TABELLE 14: DETAILLIERTE ERGEBNISSE KORREKTE DIAGNOSESTELLUNG UND THERAPIE DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -PRÄSENZLEHREINHEIT (ANZAHL DER STUDENTEN NACH SEMESTERN) .....	63
TABELLE 15: DETAILLIERTE DEMOGRAFIE DER PROBANDEN (6. SEMESTER) IN DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT .....	64
TABELLE 16: DETAILLIERTE DEMOGRAFIE DER PROBANDEN (3. SEMESTER) IN DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT .....	65
TABELLE 17: DETAILLIERTE ERGEBNISSE DER PRÄ-UND POST-TESTS DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT .....	70
TABELLE 18: DETAILLIERTE ERGEBNISSE DES ZEITAUFWANDS IN SEKUNDEN PJ-GRUPPE DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT .....	71
TABELLE 19: DETAILLIERTE ERGEBNISSE DES ZEITAUFWANDS IN SEKUNDEN FAMULATUR-GRUPPE DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> -DISTANZLERNEINHEIT .....	71
TABELLE 20: ÜBERSICHT GESAMTPERFORMANCE (6. SEMESTER) DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> - DISTANZLERNEINHEIT .....	77
TABELLE 21: ÜBERSICHT GESAMTPERFORMANCE (3. SEMESTER) DER UNFALLCHIRURGISCHEN <i>ALICE</i> - DISTANZLERNEINHEIT .....	78

### 7.3 Evaluationsfragebögen

		Stimme voll und ganz zu	Stimme zu	Stimme teilweise zu	Stimme nicht zu	Stimme gar nicht zu
1.	Das Arbeiten mit ALICE bereitet mir Spaß.	<input type="checkbox"/>				
2.	Die Anwendung von ALICE ist einfach zu erlernen.	<input type="checkbox"/>				
3.	Die Anwendung von ALICE ist einfach zu handhaben.	<input type="checkbox"/>				
4.	Den Lehrgewinn an neuem Wissen durch ALICE schätze ich als groß ein.	<input type="checkbox"/>				
5.	ALICE bereitet mich auf die klinischen Anforderungen vor.	<input type="checkbox"/>				
6.	Ich würde ALICE häufig zum Lernen nutzen.	<input type="checkbox"/>				
7.	Ich arbeite täglich mit Computern.	<input type="checkbox"/>				
8.	Ich habe viel Erfahrung im Umgang mit Computern/Pads/Smartphones.	<input type="checkbox"/>				
9.	Mein Hauptlernmedium sind Bücher.	<input type="checkbox"/>				
10.	Mein Gesamteindruck des ersten Simulations-Prototypen.	<input type="checkbox"/>				

Anhang 1: Evaluationsfragebogen des unfallchirurgischen ALICE-Moduls

		Stimme voll und ganz zu	Stimme zu	Stimme teilweise zu	Stimme nicht zu	Stimme gar nicht zu
1.	ALICE war auf dem heimischen Computer einfach zu verwenden.	<input type="checkbox"/>				
2.	Die Anwendung von ALICE ist einfach zu erlernen.	<input type="checkbox"/>				
3.	Die Anwendung von ALICE ist einfach zu handhaben.	<input type="checkbox"/>				
4.	Den Lehrgewinn an neuem Wissen durch ALICE schätze ich als groß ein.	<input type="checkbox"/>				
5.	ALICE bereitet mich auf die klinischen Anforderungen vor.	<input type="checkbox"/>				
6.	Ich würde ALICE häufig zum Lernen nutzen.	<input type="checkbox"/>				
7.	Ich arbeite täglich mit Computern.	<input type="checkbox"/>				
8.	Ich habe viel Erfahrung im Umgang mit Computern/Pads/Smartphones.	<input type="checkbox"/>				
9.	Mein Hauptlernmedium sind Bücher.	<input type="checkbox"/>				
10.	Mein Gesamteindruck des ersten Simulations-Prototypen.	<input type="checkbox"/>				

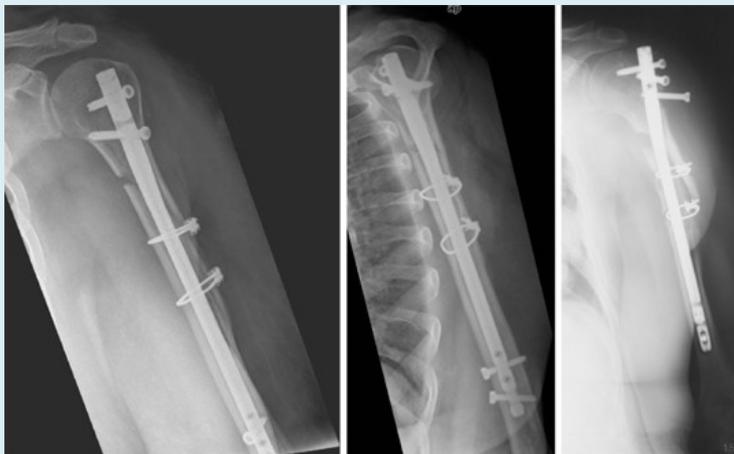
Anhang 2: Evaluationsfragebogen des unfallchirurgischen ALICE-Home Moduls

## 7.4 Multiple-Choice-Fragen

### 1. Multiple-Choice-Frage

Ein 59-jähriger Fröhrentner wurde durch den Rettungsdienst in den frühen Morgenstunden in die Klinik gebracht, nachdem er Zuhause auf den linken Arm gestürzt war. Klinisch war der linke Oberarm instabil, der Weichteilmantel und die Durchblutung des Armes waren intakt. Neurologische Defizite konnten nicht festgestellt werden. Das Röntgenbild des Oberarmes in der a.-p. Ansicht zeigt die 1. Abbildung. Bis auf eine erhöhte  $\gamma$ -GT (93,6 U/L) und einen Blutalkoholspiegel von 1 ‰ lagen sämtliche Laborwerte im Normbereich. Wenige Stunden nach Aufnahme erfolgte in Intubationsnarkose die Osteosynthese durch einen Verriegelungsnagel mit offener Reposition und Fixierung des großen, dislozierten Keilfragmentes durch eine Drahtcerclage (siehe 2. Abbildung). Bei der Untersuchung nach Abklingen der Narkose konnte der Patient aktiv weder das Handgelenk noch die Finger strecken, die Armdurchblutung war nicht beeinträchtigt.

Welche Aussage trifft am ehesten zu?



A	Bedingt durch das postoperative Ödem ist von einem akuten Kompartmentsyndrom auszugehen.
B	Der Funktionsausfall ist auf eine Schädigung des N. ulnaris im Rahmen der distalen Verriegelung des Nagels zurückzuführen.
C	Der postoperative Funktionsverlust ist auf die Alteration der Muskulatur im Rahmen des Repositionsmanövers zurückzuführen.
D	Es liegt eine sekundäre Radialisparese nach Osteosynthese vor.
E	Im Rahmen der Operation ist es wahrscheinlich durch Hakenzug zu einer Neurapraxie des N. medianus gekommen.

## 2. Multiple-Choice-Frage

Ein 40-jähriger Mann kommt zu Ihnen in die Notambulanz, nachdem er bei Glatteis ausgerutscht und auf die linke Hand gefallen war. Er hat starke Schmerzen am Handgelenk, das stark geschwollen und bewegungseingeschränkt ist. Das Röntgenbild der linken Hand (in 2 Ebenen) sehen Sie in den Abbildungen.

Welchen Befund können Sie in diesem Röntgenbild nicht finden?



A	Abkippung nach dorsal
B	Abrissfraktur
C	perilunäre Luxation
D	Dislokation nach radial
E	Trümmerzone

### 3. Multiple-Choice-Frage

Ein 20-jähriger Mopedfahrer ist auf regennasser Straße gerutscht, nach rechts gefallen und hat sich auf die ausgestreckten Hände gestützt. Bei der klinischen Untersuchung findet sich eine schmerzhaft eingeschränkte Beweglichkeit im rechten Handgelenk mit einer angedeuteten Bajonettstellung. Im Ausbreitungsgebiet des rechten N. medianus werden Parästhesien angegeben. Es besteht kein isolierter Druckschmerz im Bereich der Tabatière.

Es handelt sich am ehesten um:

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| A | perilunäre Luxationsfraktur |
| B | Smith-Fraktur               |
| C | Bennett-Fraktur             |
| D | Karpaltunnelsyndrom         |
| E | Beugesehnenverletzung       |

### 4. Multiple-Choice-Frage

Eine 30-jährige Frau ist vom Fahrrad gestürzt und auf die ausgestreckte rechte Hand gefallen. Das Röntgenbild des Handgelenks in 2 Ebenen zeigt eine instabile Extensionsfraktur des distalen Radius. Die Fraktur wird nach geschlossener Reposition operativ versorgt (siehe Abbildung).

Welche Feststellung trifft am ehesten zu?



- |   |  |
|---|--|
| A | Die Osteosynthese gewährleistet Übungsstabilität.  |
| B | Die anatomische Reposition erlaubt eine Belastung des Handgelenkes.                            |
| C | Eine Kirschner-Drahtosteosynthese ist kontraindiziert.   |
| D | Die Osteosynthese ist adaptionsstabil, eine zusätzliche äußere Ruhigstellung ist erforderlich. |
| E | Die Metallentfernung ist nach erfolgter Frakturheilung nicht nötig.                            |

### 5. Multiple-Choice-Frage

Ein 75 Jahre alter Mann war bei winterlichem Wetter auf glattem Gehweg gestürzt und hat sich beidseits eine distale Radiusfraktur zugezogen. Während er sich rechts mit der Handfläche abfangen konnte, war er mit der linken Hand nicht schnell genug und kam mit dem Handrücken auf. Die Röntgenaufnahmen der Handgelenke zeigen, dass das handgelenknahe Knochenfragment rechts in Richtung des Handrückens bzw. links in Richtung der Handinnenfläche verschoben ist.

Welche Frakturbezeichnung ist für eine der beiden distalen Radiusfrakturen am ehesten zutreffend?

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| A | Smith-Fraktur rechts    |
| B | Flexionsfraktur rechts  |
| C | Colles-Fraktur links    |
| D | Extensionsfraktur links |
| E | Colles-Fraktur rechts   |

**6. Multiple-Choice-Frage**

Nach einem Sturz auf die rechte Körperhälfte wird eine 78-jährige Patientin aus dem Altersheim ins Krankenhaus eingeliefert. Bei der klinischen Untersuchung fällt eine Rotationsfehlstellung sowie eine deutliche Beinverkürzung rechts auf. In der Beckenübersichts- und axialen Zielaufnahme findet sich eine stark dislozierte Schenkelhalsfraktur (Typ Pauwels III).

Therapie der Wahl ist die

<b>A</b>	operative Versorgung mit einer Endoprothese
<b>B</b>	rein konservative Behandlung durch 6-wöchige Ruhigstellung
<b>C</b>	Zugschrauben-Osteosynthese mit Erhaltung des Femurkopfes
<b>D</b>	sofortige Mobilisierung ohne operative Maßnahmen, da bei Belastung des Beines ein stabiles Einstauchen der Frakturfragmente (sog. Impaktierung) zu erwarten ist
<b>E</b>	Osteosynthese mit einer dynamischen Hüftkopfschraube

**7. Multiple-Choice-Frage**

Eine 80-jährige demente, an einer Sturzkrankheit leidende Großmutter wird von ihrer Enkelin in die Klinik gebracht. Die alte Dame war am Vortag auf der Treppe zu Hause gestürzt und klagt seitdem über Schmerzen in der linken Hüfte.

Aufgrund der in der Abbildung dargestellten Beckenübersicht ist welche Diagnose am wahrscheinlichsten?



<b>A</b>	frische dislozierte mediale Schenkelhalsfraktur links, Typ Pauwels III
<b>B</b>	Hüftprellung links bei Osteolyse von Scham- und Sitzbein symphysennah rechts infolge unbekanntem Primärtumors
<b>C</b>	Hüftprellung links bei Hüftgelenksdeformität infolge eines M. Perthes
<b>D</b>	Hüftprellung links und Hüftgelenksbeschwerdesymptomatik durch eine aktivierte Koxarthrose
<b>E</b>	Schenkelhalspseudarthrose links nach medialer Schenkelhalsfraktur Typ Pauwels III

**8. Multiple-Choice-Frage**

Eine mediale Schenkelhalsfraktur vom Adduktionstyp wird bei einer 80-jährigen Patientin am ehesten behandelt durch

<b>A</b>	Verschraubung
<b>B</b>	Endoprothese
<b>C</b>	Winkelplatte
<b>D</b>	Extension
<b>E</b>	Ender-Nagelung

**9. Multiple-Choice-Frage**

Eine 76-jährige, allein lebende Frau, die an einem M. Parkinson leidet, war zuhause im Badezimmer gestürzt. Sie konnte selbst nicht mehr aufstehen und wurde erst am Folgetag von ihrer Nachbarin gefunden. Bei Klinikaufnahme zeigte sich ein verkürztes rechtes Bein in Außenrotation mit Bewegungsschmerzen im Hüftgelenk.

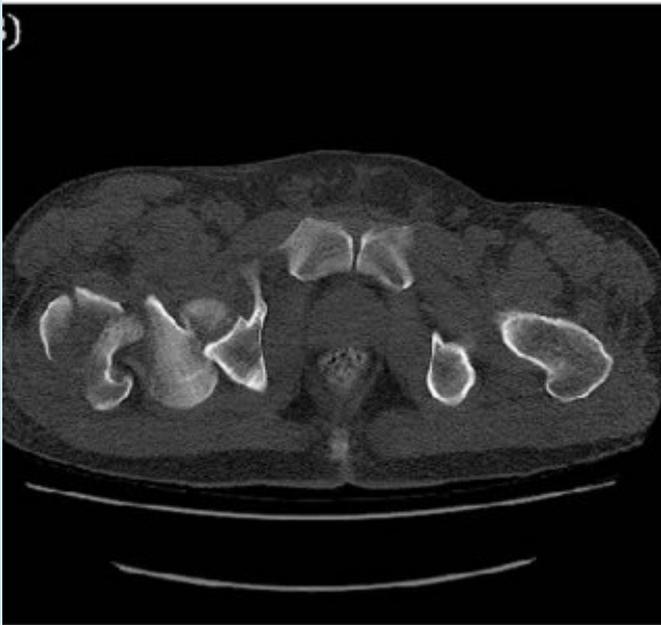
Welche Verdachtsdiagnose ist aufgrund des klinischen Befundes am wahrscheinlichsten?

<b>A</b>	Es liegt das typische klinische Bild einer vorderen Beckenringfraktur vor.
<b>B</b>	Die Außenrotationsfehlstellung ist am ehesten mit einer hinteren Hüftgelenkluxation vereinbar.
<b>C</b>	Der ausgeprägte Bewegungsschmerz ist mit einer aktivierten Koxarthrose hinreichend erklärbar.
<b>D</b>	Es liegt am wahrscheinlichsten eine Fraktur des koxalen Femurendes vor.
<b>E</b>	Es liegt am ehesten eine diaphysäre Femurfraktur vor.

### 10. Multiple-Choice-Frage

Bei einem Pkw-Unfall mit Frontalzusammenstoß wird ein 49-jähriger Beifahrer schwer verletzt. Er wird noch am Unfallort intubiert und ins nächstgelegene Kreiskrankenhaus gebracht. Im Rahmen der Diagnostik wird auch eine Beckenübersichtsaufnahme angefertigt (siehe 1. Abbildung) und der Patient aufgrund des dabei erhobenen Befundes in eine unfallchirurgische Klinik verlegt. Dort wird zunächst die Diagnostik mittels CT-Traumaspirale ergänzt. Ein CT-Schnitt der Hüftgelenkregion ist in der 2. Abbildung wiedergegeben.

Welche Diagnose wird dem radiologischen Befund am rechten Hüftgelenk am besten gerecht?



- |   |  |
|---|--|
| A | Hüftgelenkluxation bei vorbestehender Hüftkopfnekrose                  |
| B | Hüftkopfluxationsfraktur mit medialer Schenkelhalsfraktur (Pipkin III) |
| C | perthrochantere Fraktur mit Dislokation                                |
| D | transzervikale Schenkelhalsfraktur (Garden IV)                         |
| E | vordere Hüftgelenkluxation mit medialer Schenkelhalsfraktur            |

Anhang 3: Multiple-Choice Prä- und Post-Test (unfallchirurgische ALICE-Module)