

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

**Die Bedeutung von und die Evaluation eines Serious Games für den Einsatz in
der Ausbildung von Medizinstudierenden im 21. Jahrhundert**

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

vorgelegt von
Ferdinand Maria Timmermann
aus Köln

promoviert am 10. Februar 2023

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln
2023

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

1. Gutachter: Privatdozent Dr. med. Robert Kleinert

2. Gutachterin: Professorin Dr. rer. medic. Anja Görtz-Dorten

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 Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Herr Priv.-Doz. Dr. med. MME Robert Kleinert

Herr Priv.-Doz. Dr. med. Seung-Hun Chon

Herr Dr. phil. Thomas Dratsch

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.

Der dieser Arbeit zugrunde liegenden Datensatz wurde vollständig ständig in den Räumlichkeiten der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral-, Tumor- und Transplantationschirurgie erhoben. Fragebögen zur Erhebung der Datensätze wurde mittels *Google Formulare* erhoben.

Die in dieser Arbeit angegebenen Experimente sind nach entsprechender Anleitung durch Herrn Priv.-Doz. Dr. med. MME Kleinert und Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Chon von mir selbst durchgeführt worden.


Die anschließende Auswertung der erhobenen Datensätze erfolgte nach entsprechender Anleitung zur Auswertung durch Herrn Dr. phil. Dratsch größtenteils selbstständig mittels des Statistik-Programms *SPSS* (Version 25, IBM Corp, Armonk, NY, USA). Die Visualisierung der Ergebnisse und Erstellung der Tabellen erfolgte ebenfalls selbstständig.

Die der Arbeit zugrundeliegende Publikation (Serious Games in Surgical Medical Education: A Virtual Emergency Department as a Tool for Teaching Clinical Reasoning to Medical Students, JMIR Serious Games 2019;7(1):e13028, doi: 10.2196/13028) wurde unter Mitarbeit meiner Person erstellt. Insbesondere konnte der Teil *Methods* und *Results* in großen Teilen durch mich erarbeitet werden.

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 26.02.2022

Unterschrift: 

Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Privatdozent Robert Kleinert für die Überlassung des spannenden und innovativen Promotionsthemas bedanken, sowie für die engagierte und gewissenhafte Betreuung.

Zudem bedanke ich bei meinem Betreuer Herrn Privatdozent Seung-Hun Chon für zahlreiche konstruktive Treffen, die ständige Ermunterung, die herzliche Zusammenarbeit und ein jederzeit offenes Ohr.

Auch Herrn Dr. Thomas Dratsch gilt mein aufrichtiger Dank für das Engagement, mir die komplizierte Welt der Statistik näher zu bringen und die größtmögliche Geduld.

Allen Freunden, denen ich in den vergangenen Jahren in den Ohren lag, die Motivation gaben, die Studienteilnehmer waren oder die Verständnis und Geduld zeigten gilt herzlicher Dank von ganzem Herzen.

Größter Dank gilt jedoch meiner Familie, die mich bedingungslos und zu jeder Zeit mit größter Hingabe und Liebe unterstützt hat. Insbesondere möchte ich meiner Mutter danken, ohne die ich die nun vorliegende Arbeit nicht fertiggestellt hätte.

Widmung

Meiner Familie.

Inhaltsverzeichnis

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis	3
Danksagung.....	4
Widmung	5
1 Einleitung.....	8
1.1 Herausforderungen des klinischen Unterrichts	8
1.1.1 Zugewinn an deklarativem und Prozedurenwissen	8
1.1.2 Zeitproblem der Lernenden, Lehrenden und Patienten	8
1.1.3 Effiziente Gestaltung des Präsenzunterrichts	10
1.1.4 Effiziente Gestaltung des außerunterrichtlichen Lernens.....	11
1.1.5 Ausbildung der Medizinstudierenden während der COVID-19-Pandemie	12
1.2 Formen des Wissens	13
1.2.1 Vermittlung von deklarativem Wissen.....	14
1.2.2 Vermittlung von Prozedurenwissen	15
1.3 Immersive Patientensimulatoren und Serious Games.....	17
1.3.1 Vergleich von Serious Games mit Kleingruppenunterricht	18
1.3.2 Interdisziplinarität von Serious Games	18
1.3.3 Anwendungsgebiete von Serious Games.....	18
1.3.4 Implementierung von Serious Games in das Curriculum	19
1.4 Eingliederung der Studie in die aktuelle Forschungslandschaft	20
1.4.1 Einsatz von Serious Games in der medizinischen Ausbildung.....	21
1.5 Fragestellung der Studie	21
2 Material und Methoden.....	23
2.1 Description of the Serious Game	23
2.2 Participants	24
2.3 Study Design	25
2.4 Procedure	25
2.5 Medical Content	27
2.6 Impact on Declarative Knowledge	28
2.7 Impact on Procedural Knowledge.....	28
2.8 Students impressions of EMERGE.....	29

2.9	Data analysis	29
3	Ergebnisse.....	32
3.1	Knowledge Gain: Impact on Declarative Knowledge	32
3.2	Knowledge Gain: Impact on Procedural Knowledge (OSCE)	33
3.3	Impression ratings of EMERGE.....	36
4	Diskussion.....	39
4.1	Anforderung an Serious Games als effektives Lehr- und Lernmedium.....	39
4.2	Diskussion der Ergebnisse.....	39
4.2.1	Wissenszuwachs: Effekte auf das deklarative Wissen	39
4.2.2	Wissenszuwachs: Effekte auf das Prozedurenwissen	41
4.2.3	Bewertung der Studierende von EMERGE	48
4.3	Limitationen der Studie	51
4.3.1	Fehlen einer Kontrollgruppe	51
4.3.2	Fehlen einer Randomisierung	52
4.3.3	Untersuchung des Spielverhaltens.....	52
4.3.4	Self-Selection Bias	53
4.3.5	Keine Untersuchung der Langzeiteffekte.....	54
4.4	Aktuelle Serious Game Forschung	55
4.4.1	Untersuchungen zu EMERGE	55
4.4.2	Entwicklung von Serious Games	56
4.4.3	Serious Games als Prüfmedium	58
4.5	Anschließende Fragestellungen	60
5	Zusammenfassung	62
6	Literaturverzeichnis	63
7	Abkürzungsverzeichnis.....	72
8	Abbildungsverzeichnis.....	72
9	Tabellenverzeichnis.....	72
10	Vorabveröffentlichungen	72
11	Tabellarischer Lebenslauf.....	74

1 Einleitung

1.1 Herausforderungen des klinischen Unterrichts

Universitäten müssen sich bei der Sicherung einer qualitativ hochwertigen klinischen Ausbildung ständigen und wechselnden Herausforderungen stellen. Diese Herausforderungen werden im Folgenden skizziert.

1.1.1 Zugewinn an deklarativem und Prozedurenwissen

Die Gesamtheit des medizinischen Wissens verzeichnet einen exponentiellen, rasanten Zugewinn [1].

Eine Herausforderung für Universitäten besteht darin, gezielt relevante Wissensinhalte zu selektieren und dabei eine umfassende Ausbildung von Medizinstudierenden¹ zu gewährleisten. Ziel der Ausbildung ist es, die Studierenden optimal auf die vielfältigen Herausforderungen des Arztberufes vorzubereiten.

1.1.2 Zeitproblem der Lernenden, Lehrenden und Patienten

Der Wissenszugewinn stellt Medizinische Fakultäten vor die Entscheidung, welches Wissen den Studierenden in der begrenzten Zeit ihres Studiums, insbesondere im praktischen Unterricht, der lediglich 476 der insgesamt 5.500 Stunden des Medizinstudiums umfasst [2], vermittelt werden muss und welches Wissen nicht gelehrt wird [1]. Darüber hinaus gestaltet sich die Einbindung von „jungen“ Fächern und wichtigen Entwicklungen, zum Beispiel in Molekularer Medizin, Genetik mit Genomics oder Medizininformatik, vor dem Hintergrund eines ausgefüllten Curriculums schwierig [3]. Gleiches gilt für die stärkere Vermittlung von neuen Rollen des Arztberufes und kompetenzorientierter Lehre, wie der NKLM dies vorsieht [4]. Ein Ausbau der Stunden ist aufgrund der Approbationsordnung nicht zulässig. Darüber hinaus wäre ein Ausbau der Stunden ohne eine signifikante Erhöhung der Anzahl des Lehrpersonals schwer realisierbar. Die zunehmende Arbeitsbelastung der auszubildenden Ärzte wird auch zukünftig die Zeit, die für Lehrtätigkeiten vorgesehen ist, reduzieren [3].

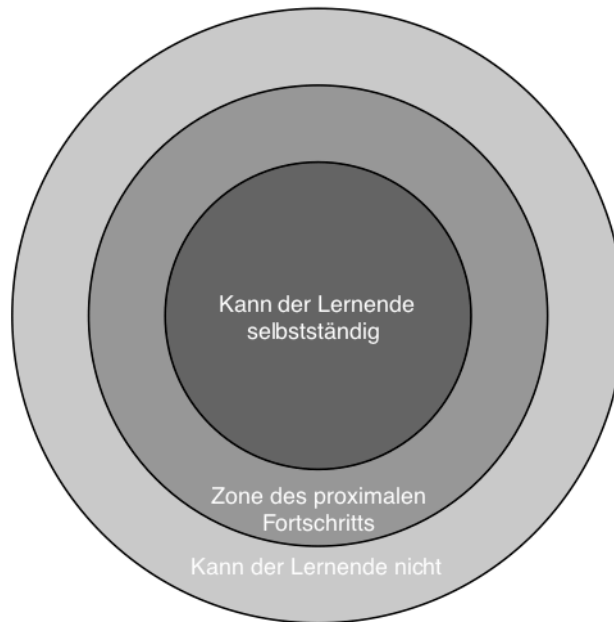
¹ In der nachfolgenden Arbeit wird aufgrund der Einfachheit und Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Dies schließt männliche, weibliche und diverse Geschlechteridentitäten stets mit ein.

Es hat sich gezeigt, dass der Lerneffekt positiv beeinflusst werden kann, wenn sich die an Lernende gestellten Aufgaben und Herausforderungen entlang der jeweiligen Kompetenzen ausrichten und weder zu einfach noch zu schwierig zu bewältigen sind. Schon früh erkannte man, dass der „wichtigste einzelne Faktor, der das Lernen beeinflusst, das Vorwissen des Lernenden ist. Stelle dieses Vorwissen fest und unterrichte ihn entsprechend“ [5].

Diese Erkenntnis in die Praxis umzusetzen, stellt eine große Herausforderung für den praktischen Unterricht dar. Ein Problem des Präsenzunterrichts besteht darin, dass die Präsenzzeit des klinischen Unterrichts aufgrund eines inhomogenen Wissensniveau der Lernenden nicht effizient genutzt werden kann. In der Folge muss wertvolle Zeit zum Nivellieren des Vorwissens aufgewendet werden. Es verbleibt weniger Zeit, in der am Krankenbett wichtige Fertigkeiten des Arztberufs vermittelt werden können.

Das Modell der Zone der proximalen Entwicklung beschreibt das Verhältnis zwischen Kompetenzen und dem passenden Schwierigkeitsgrad der Aufgabe, um den größtmöglichen Lernerfolg zu erzielen (siehe Abbildung 1) [6]. Es kann dabei helfen, die Erkenntnis, das Vorwissen zu eruieren und darauf abgestimmt die Lehre zu gestalten, in die klinische Ausbildung zu überführen: Sind die Aufgaben zu schwierig zu bewältigen, führt dies zu Frustration und einem Überforderungsgefühl, welches negative Emotionen wie Angst und Langeweile verstärkt. Bei zu einfachen Aufgaben kommt es durch Unterforderung ebenfalls zu Langeweile und einem Interessenverlust. Diese Emotionen, die durch oder während eines Lernprozesses empfunden werden, werden als Leistungsemotionen bezeichnet [7]. Insbesondere negative (Leistungs-)Emotionen, die bei beiden Zuständen – der Unter- und Überforderung – auftreten, führen zu geringerer Motivation und einem folglich geringeren Lernerfolg [7].

Eine Alternative zur Reduktion der vermittelten Wissensmenge ist die Komprimierung und Effizienzsteigerung der Wissensvermittlung. Dies würde erlauben, mehr Wissen in gleicher Zeit zu vermitteln. Lehrmethoden, die selbst zu besserer Wissensretention führen oder über positive Leistungsemotionen die intrinsische Lernmotivation steigern, können die Zeit, die für Repetitorien oder für Wissenswiederholungen zu Beginn einer Unterrichtseinheit aufgewendet wird, minimieren. Sie können somit dazu beitragen, das Curriculum effizienter zu gestalten.



Basierend auf **Vygotsky**, Readings on the Development of Children, 1978 [6]

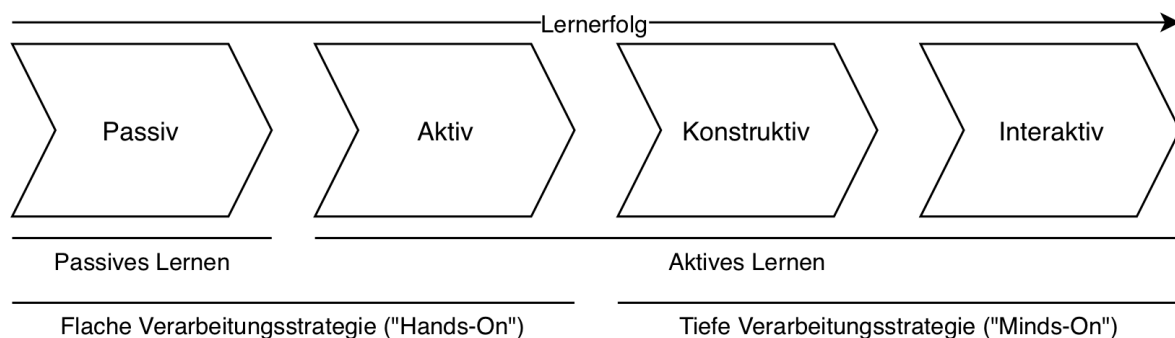
Abbildung 1 Zone des proximalen Fortschritts

Aufteilung von Aufgaben, die der Lernende ohne Hilfe, mit leichter Unterstützung oder trotz Unterstützung nicht bewältigen kann. Studierende können Aufgaben, die sich ausschließlich an bereits erworbene Kompetenzen richten, ohne Hilfestellungen bewältigen. Sind Aufgaben jedoch zu komplex, so können Lernende selbst mit Hilfestellungen Aufgaben nicht bewältigen. Orientieren sich die Aufgaben jedoch am Kompetenzniveau der Studierenden und stellen jeweils kleine Herausforderungen, so ist der Lernerfolg am größten.

1.1.3 Effiziente Gestaltung des Präsenzunterrichts

Zur effizienteren Gestaltung des Unterrichts kann das ICAP-Modell herangezogen werden: Der Grad der Interaktion mit Unterrichtsmaterialien oder Lehrgegenständen beeinflusst den Lernerfolg und das Lernergebnis maßgeblich [8, 9]. Das Akronym ICAP verweist dabei auf die unterschiedlichen Interaktionsgrade: Interaktiv, Konstruktiv, Aktiv und Passiv. Diesen 4 Stufen können jeweils beobachtbare Tätigkeiten zugeordnet werden, die die verschiedenen Interaktionsgrade prägen. Darüber hinaus findet eine Zuordnung von unterschiedlichen Prozessen der Informationsverarbeitung statt. Dies ermöglicht Lehrenden, die Aufgabenstellungen so zu modifizieren, dass ein hoher Grad an Interaktion mit entsprechend hohem Lernerfolg erreicht wird. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass eine unterschiedlich tiefgreifende und intensive Arbeit mit den Lehrmaterialien verschiedene Möglichkeiten der Anwendung des neu erworbenen Wissens ermöglicht. Bei passiver Auseinandersetzung resultiert lediglich ein isoliertes Abspeichern von Informationen,

die nur bei gleichem Kontext oder gezielter Nachfrage abgerufen werden können. Eine aktive Auseinandersetzung ermöglicht durch Integrierung der neuen Informationen in aktiviertes Vorwissen eine Anwendung des neuen Wissens. Bei konstruktiver Auseinandersetzung kommt es durch die Integration des neuen Wissens im Zusammenhang mit bereits erworbenem Wissen zum Erschließen von weiteren Erkenntnissen. Dies lässt einen Transfer auf neue Situationen zu. Durch die interaktive Arbeit profitieren die Lernenden durch den konstruktiven Austausch mit einem Partner [9]. Vor allem bei differenzialdiagnostischen Tätigkeiten und klinischen Entscheidungsprozessen kommt der Anwendung und dem Transfer von Wissen auf unbekannte Situationen und neue Patienten ein großer Stellenwert zu. Das ICAP-Konzept spielt insbesondere im Präsenzunterricht eine Rolle, wenn der Dozent die Aufgabenstellung geben und den Interaktionsgrad durch die Handlungen der Studierenden beobachten kann. Doch damit nicht nur die Präsenzzeit effektiver genutzt wird, kommt dem Einsatz von E-Learning-Elementen immer größere Bedeutung zu.



Basierend auf **Chi et al.**, Journal Educational Psychologist Volume 49, 2014 - Issue 4 [9] und modifiziert nach **Chi et al.**, Journal Cognitive Science Volume 42, 2018 [8]

Abbildung 2 ICAP-Hypothese

Die Form der Interaktion mit Lehrmaterialien (Passiv, Aktiv, Konstruktiv und Interaktiv) bestimmt den Lernerfolg.

1.1.4 Effiziente Gestaltung des außerunterrichtlichen Lernens

Besonders Blended-Learning- oder Inverted-Classroom-Modelle eignen sich zur effektiveren Gestaltung der außercurricularen Lernzeit. Beim Blended-Learning-Modell werden zwei Lernformate kombiniert. Das Modell verbindet traditionellen Präsenzunterricht („Face-to-Face“, „F2F“) mit computer-vermitteltem Unterricht und kombiniert die jeweiligen Vorteile der Formate [10]. So eröffnet der Einsatz von E-Learning-Elementen den Studierenden zahlreiche Individualisierungsmöglichkeiten im eigenständigen Lernen. Sie können selbst bestimmen, wann, in welchem Lerntempo, wie oft, wo, mit wem oder wie intensiv (Vergleiche Abbildung 2) sie lernen. So kann

das Lernen durch den Studierenden an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst werden und führt nicht zu Frustration zum Beispiel aufgrund einer zu schnellen oder langsamen Lerngeschwindigkeit im Gruppenunterricht [11]. Der Präsenzunterricht hingegen ermöglicht eine entsprechende Anleitung durch den Dozenten (nach ICAP-Modell), der bei Problemen individuelle Hilfestellungen geben kann. Dieses Format profitiert durch ein lebhaftes Umfeld, welches soziale Interaktionen, wie sie zum Beispiel für die Interaktion-Stufe des ICAP-Modells notwendig sind, erst ermöglicht und somit das Lernen unterstützt. Es konnte exemplarisch gezeigt werden, dass durch den Einsatz von Blended-Learning-Formaten die Präsenzzeit bei gleichbleibendem Lernerfolg und höherer Studierendenzufriedenheit um zwei Drittel gekürzt werden konnte [12].

Inverted-Classroom-Modelle vertauschen die traditionellen Aufgabenbereiche von F2F-Unterricht und außerunterrichtlicher eigenständiger Arbeit. So wird dem eigenständigen Arbeiten die Vorbereitung auf den Unterricht mit Erarbeitung theoretischer Grundlagen zugeordnet, welche anschließend im Präsenzunterricht angewendet werden können [13]. Dadurch kommt dem Lernenden im Unterricht eine aktive Lernrolle zu, die tiefgehende und komplexe Interaktionen in Form von intensiverem Austausch zwischen Lernenden und stärkerer Unterrichtspartizipation [14] im Präsenzunterricht erst ermöglicht und bessere Lernresultate zur Folge hat [15]. Durch den Einsatz von Blended-Learning- oder Inverted-Classroom-Elementen wird die intrinsische Motivation durch das selbstbestimmte Lernen („self-directed learning“) und das Gefühl der Autonomie verstärkt. Dies kann zu einem freiwilligen zeitlichen Mehraufwand beim Lernen führen, der eine bessere Vorbereitung auf den Unterricht zur Folge hat [16].

1.1.5 Ausbildung der Medizinstudierenden während der COVID-19-Pandemie

Die COVID-19-Pandemie stellt für die Ausbildung von Medizinstudierenden eine große Herausforderung dar, da die Präsenzlehre, die bislang wichtiger Bestandteil der Ausbildung war, reduziert oder gänzlich eingestellt werden musste [17]. Jedoch besteht weiterhin die Notwendigkeit zur praktischen Ausbildung von Medizinstudierenden im klinischen Setting, wobei das Infektionspotential steigt, je mehr persönliche Kontakte bestehen [18]. Deswegen wurde teilweise die Einbindung von Studierenden im Praktischen Jahr in die Visiten oder aufgrund eines Mangels an persönlicher Schutzausrüstung bei Operationen reduziert [19]. Der Deutsche

Hochschulmedizin e.V., der Dachverband des Medizinischen Fakultätentages und des Verbands Universitätsklinika Deutschlands, bemisst daher aufgrund des Wegfalls des praktischen Unterrichts alternativen Lehrformaten und Simulationen besondere Bedeutung zu [17]. Die digitalen Lehrressourcen verschiedener Fakultäten sollen gebündelt und allen deutschen Fakultäten zur Verfügung gestellt werden [20], um mittels digitaler Lehrangebote eine kontinuierliche Ausbildung der Studierenden gewährleisten zu können.

Insgesamt besteht ein Bedarf für innovativere, effektivere, digitale Lehr- und Lernmöglichkeiten, um die Ausbildung in Zeiten einer Pandemie unter Wegfall von praktischen Unterrichtseinheiten gewährleisten zu können.

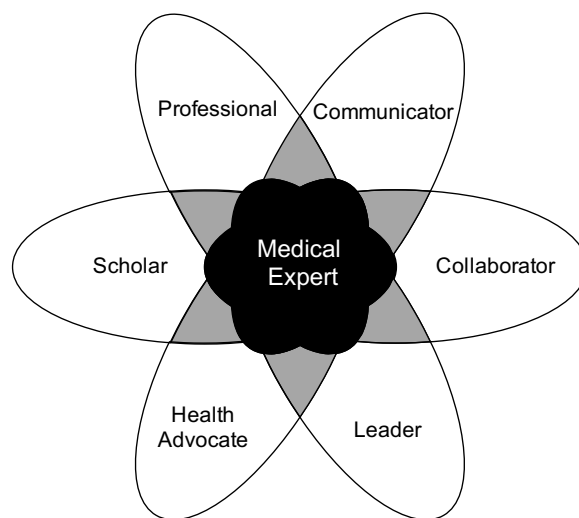
1.2 Formen des Wissens

Das Wissen, welches den Studierenden bis zum Ende des Medizinstudiums in den unterschiedlichen Unterrichtsformaten vermittelt werden muss, gliedert sich in zwei Bereiche: Es gibt das sogenannte deklarative Wissen und das Prozedurenwissen [21]. Das deklarative Wissen umfasst das Wissen über Fakten, Begriffe und Sachverhalte und kann einfach verbalisiert werden. Im medizinischen Kontext ist das Faktenwissen über Krankheiten elementarer Bestandteil des deklarativen Wissens. Das Prozedurenwissen umfasst das Wissen über Handlungsabläufe und Tätigkeiten. Arbeitsabläufe aus Diagnostik und Therapie wie Standard Operating Procedures (SOP) oder Abläufe bei klinischer Entscheidungsfindung (Clinical Reasoning, CR) gehören zu medizinischem Prozedurenwissen. Dabei baut das kognitiv anspruchsvollere Prozedurenwissen auf das grundlegende deklarative Wissen auf [22].

Die im April 2021 durch den Medizinischen Fakultätentag veröffentlichte Neufassung des Nationalen Kompetenzorientierten Lernzielkatalog Medizin (NKLM) ordnet dabei den verschiedenen Lernzielen unterschiedliche Kompetenztiefen zu. Damit soll den Fakultäten eine Ausarbeitung des Kerncurriculums ermöglicht werden. Auch im NKLM bildet das Faktenwissen die Grundlage (Kompetenztiefe 1), auf der im Anschluss das Handlungs- und Begründungswissen aufbaut (Kompetenztiefe 2). Die verschiedenen Kompetenztiefen sind dabei an den Studienfortschritt angepasst und vertiefen sich mit zunehmender Studiendauer [23]. Darüber hinaus definiert der NKLM die ärztlichen Kernkompetenzrollen, die ein Absolvent nach Abschluss des Studiums verinnerlicht haben soll. Diese Kompetenzrollen fußen auf dem CanMEDS-Modell, welches durch

das Royal College of Physicians and Surgeons of Canada entwickelt wurde (Vergleiche Abbildung 3). Dieses Modell beschreibt die notwendigen Fähigkeiten eines Arztes, die eine möglichst optimale Gesundheitsversorgung von Patienten im 21. Jahrhundert gewährleisten sollen.

Der Vermittlung von Prozedurenwissen und praktischer Fertigkeiten kommt mit der Novellierung der Approbationsordnung stärkeres Gewicht zu und wird zunehmend in den Fokus der klinischen Ausbildung gestellt. So heißt es in der Approbationsordnung: „Ziel der ärztlichen Ausbildung ist der wissenschaftlich und praktisch in der Medizin ausgebildete Arzt, der zu eigenverantwortlichen und selbstständigen ärztlichen Berufsausübung, zur Weiterbildung und zu ständiger Fortbildung befähigt ist. Die Ausbildung [...] soll [...] die für das ärztliche Handeln erforderlichen allgemeinen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten in Diagnostik, Therapie, Gesundheitsförderung, Prävention und Rehabilitation [...] vermitteln.“ (§ 1 Absatz 1) [2].



Basierend auf **Frank JR, Snell L, Sherbino J**, editors. CanMEDS 2015 Physician Competency Framework. Ottawa: Royal College of Physicians and Surgeons of Canada; 2015 [37]

Abbildung 3 CanMEDS-Framework

Das CanMEDS-Framework beschreibt die sechs Rollen eines Arztes, die im Zusammenspiel die siebte Rolle, die des medizinischen Experten, ergeben.

1.2.1 Vermittlung von deklarativem Wissen

Dem Modell des „Constructive Alignment“ folgend, werden idealer Weise Lehrformat, Lernziele und Prüfungsmodus aufeinander abgestimmt. Dabei ist zu beachten, dass die Art der Wissensüberprüfung in ganz entscheidender Weise beeinflusst, wie sich

Lernende mit Prüfungsthemen auseinandersetzen und wie sich der Lernerfolg gestaltet. Sind Prüfungsmethoden und das Curriculum gut aufeinander abgestimmt („aligned“), ergibt sich ein hoher Lernerfolg [24].

Das deklarative Wissen wird im Medizinstudium dabei traditionell in Form von Vorlesungen oder Seminaren den Lernenden vermittelt. Die Vermittlung von deklarativem Wissen durch E-Learning-Einbindung ist bereits weit verbreitet. So ist die Bereitstellung von Vorlesungsfolien durch die Dozenten gängige Praxis, mit Hilfe derer die Studierenden die Vorlesungen vor- und nachbereiten können. Ebenso haben sich erfolgreiche E-Learning-gestützte Programme zur Vermittlung deklarativen Wissens entwickelt, die sich großer Beliebtheit erfreuen. Besonders eindrücklich ist das Nachschlagewerk und Lernprogramm AMBOSS, das nach eigenen Angaben zufolge 95% aller Medizinstudierenden in der Vorbereitung auf das zweite Staatsexamen am Ende des klinischen Studienabschnitts nutzen [25], was den Stellenwert von E-Learning im Medizinstudium verdeutlicht. Es hat sich darüber hinaus gezeigt, dass E-Learning-unterstützte Wissensvermittlung mit Hilfe von Videos und Vorlesungsfolien im Rahmen von Blended-Learning-Modellen vor allem für deklaratives Wissen wirksam ist [26]. Die Überprüfung des deklarativen Wissens findet zumeist in Form von MC-Fragen statt, die nach der Miller-Pyramide das richtige Prüfungsformat zur Testung des deklarativen Wissens darstellen [22].

1.2.2 Vermittlung von Prozedurenwissen

Die anspruchsvollere Vermittlung des komplexeren Prozedurenwissen und prozeduralen Fertigkeiten ist nicht mit Vorlesungsfolien oder vergleichbaren Lehrmaterialien in ähnlich einfacher Weise zu realisieren. Bisher wird oftmals der Ansatz „See one, Do one“ verfolgt, bei dem der Lernende nicht selbst die Aktion ausführt, sondern beobachtet und die Abläufe verinnerlicht [27]. Die praktische Ausbildung von angehenden Ärzten am Patienten bewegt sich dabei immer im Spannungsfeld, wieviel Patienten - ohne sie zu gefährden - zugemutet und wie eine ausreichend umfangreiche Lehre sichergestellt werden kann [28]. So ist der Studierendenunterricht in risikoreichen Situationen, wie im Schockraum, umstritten und aufgrund der geringen Fehlertoleranz nur schwer implementierbar.

Bedside-Teaching hat den Nachteil, dass der Inhalt des Unterrichts unmittelbar von den Patienten, die für den Unterricht zur Verfügung stehen, abhängt. Dies erschwert die Sicherstellung eines standardisierten Curriculums, da nicht jedem Studierenden

ähnliche Patienten präsentiert werden können. So werden nicht alle Studierende an Patienten mit seltenen, aber dennoch wichtigen Diagnosen unterrichtet werden können. Darüber hinaus gibt es lediglich zurückhaltende Zustimmung seitens der Patienten bezüglich der Einbeziehung von Medizinstudierenden im Rahmen der Ausbildung. Die Zustimmung sinkt dabei drastisch ab, wenn die Invasivität der geplanten Prozedur steigt. Die Patienten verspüren Angst und Unsicherheit, da der Studierende möglicherweise noch nicht ausreichend ausgebildet ist, um die Durchführung sicher zu beherrschen [29]. Dabei kann ein Unterschied zwischen verschiedenen medizinischen Disziplinen und zwischen den Geschlechtern der Studierenden festgestellt werden: So sind Patientinnen in der Gynäkologie und Geburtshilfe gegenüber der Einbindung von Studierenden am restriktivsten eingestellt. Darüber hinaus wird in diesem Fachbereich die Einbindung männlicher Studierende häufiger kritisch gesehen als die der weiblichen Studierenden [28].

Um Studierende, ungeachtet ihres Geschlechts oder der angestrebten Facharztweiterbildung, optimal ausbilden zu können und ohne dabei vollständig auf Patienten angewiesen zu sein, sind Simulationszentren entstanden, in denen praktischer Unterricht stattfindet. Die Vermittlung von praktischen Fertigkeiten, auf die in der Ausbildung von Medizinstudierenden vermehrt Wert gelegt wird, wird durch den flächendeckenden Einsatz von Simulationszentren [30] ermöglicht. Besonders vor dem Hintergrund, dass Famulaturen zur praktischen Ausbildung der angehenden Ärzte nicht ausreichen [31] und der zeitliche Umfang der Blockpraktika knapp bemessen ist, spielt die praktische Ausbildung der Medizinstudierenden in Simulationszentren eine wichtige Rolle. Die Simulationszentren bieten den Vorteil, dass Studierende im geschützten Rahmen unter Anleitung eines Dozenten oder eines erfahreneren Studierenden („peer to peer“) wichtige Fähigkeiten des Arztberufs erlernen können, ohne echte Patienten zu gefährden. Der Einsatz von Schauspielpatienten ermöglicht dabei das Erlernen von kommunikativen Fertigkeiten in realitätsgetreuen Settings, wobei der Einsatz von Schauspielpatienten neben den hohen Kosten [32] den Nachteil besitzt, dass Szenarien nur von einer geringen Anzahl an Studierenden einer Rotationsgruppe ohne die Möglichkeit einer beliebig häufigen Wiederholung erprobt werden können.

Durch die WHO wird der Einsatz von Simulationen in ihren Leitlinien zur Aus- und Weiterbildung von medizinischem Fachpersonal von 2013 mit Nachdruck empfohlen [33]. Ebenso sieht der Wissenschaftsrat den Einsatz von Simulationspatienten und

virtuellen Patienten als wichtige Vorbereitung für den Unterricht mit direktem Patientenkontakt, da im simulationsbasierten Unterricht eine standardisierte Vermittlung von Fähigkeiten und Fertigkeiten mit Feedback-Möglichkeiten möglich ist. Der Unterricht mit direktem Patientenkontakt wird besonders bei der Vermittlung von kommunikativen und psychosozialen Kompetenzen als vielschichtiger und geeigneter angesehen [34].

Außerhalb des Bedside-Teachings und des Unterrichts in Simulationszentren haben sich Unterrichtsformate in Kleingruppen zum Beispiel in Form von PBL-Gruppenunterricht etabliert, um Prozedurenwissen wie klinische Entscheidungsfindung (Clinical Reasoning, CR) zu vermitteln. Diese Formate können Prozedurenwissen vermitteln [35], sind dabei aber besonders ressourcen- und zeitintensiv, was den intensiven und flächendeckenden Einsatz dieser Lehrformate durch die begrenzte Zeit für Lehre und Lernen verhindert. Darüber hinaus ist auch hier eine Standardisierung trotz gruppenübergreifender Konsenslernzielen durch die individuelle Zusammensetzung der Gruppe schwer realisierbar. In der Regel wird in einer PBL-Lerneinheit lediglich eine Fallvignette oder ein Krankheitsbild besprochen, welches zwischen den PBL-Sitzungen (oftmals eine Woche) vorbereitet wird.

1.3 Immersive Patientensimulatoren und Serious Games

Der Einsatz von E-Learning-Formaten wie Immersiven Patienten-Simulatoren (IPS) oder Serious Games (SG) bietet bei der Vermittlung von Prozedurenwissen im Rahmen der klinisch-praktischen Ausbildung im Gegensatz zu herkömmlichen Unterrichtsformaten verschiedene Vorteile. Unter dem Begriff *Serious Games* sind vornehmlich Computerspiele zu verstehen, die neben dem Ziel der Unterhaltung auch noch ein Bildungsziel verfolgen und eine pädagogische Intention besitzen. Je nach Definition kommt dem Unterhaltungscharakter oder dem Bildungsziel größere Bedeutung zu [36]. Das Spielen der Serious Games soll positive Auswirkungen auf Wissen, Verhalten, Einstellungen oder andere Eigenschaften des Spielers im richtigen Leben zur Folge haben. Die Unterscheidung zu (Immersiven) Patientensimulatoren fällt aufgrund von nicht trennscharfen Definitionen schwer [37]. Jedoch zeichnen sich Serious Games im Gegensatz zu den IPS durch einen Einbau von Computerspiel-Elementen aus, die beim IPS nicht zwingend vorliegen müssen. Immersive Patientensimulatoren oder Serious Games im medizinischen Kontext bilden beide in

der Regel klinische Szenarien virtuell nach und ermöglichen eine Interaktion mit der virtuellen Umwelt.

Daher werden im Folgenden IPS und SG unter dem Oberbegriff SG subsummiert.

1.3.1 Vergleich von Serious Games mit Kleingruppenunterricht

Im Vergleich zum Kleingruppenunterricht wie dem PBL-Format besteht beim Serious Game die Möglichkeit, nicht nur einen einzigen Patienten oder eine Fallvignette zu besprechen und zu betreuen, sondern mehrere Patienten gleichzeitig behandeln zu können. Darüber hinaus können bei gleichem Zeitaufwand deutlich mehr Fälle und Patienten als im PBL-Unterricht durchgespielt werden. Bei einem Dozenten-Studierenden-Betreuungsverhältnis von 1:25 (PBL: 1:6) konnte ein vergleichbarer Lernerfolg und die Nicht-Unterlegenheit des Serious Games im Vergleich mit dem PBL-Unterricht gezeigt werden [35]. Serious Games bieten also das Potential, die zeitliche Belastung der Dozenten bei gleichbleibendem Lernerfolg der Studierenden zu reduzieren. Gleichzeitig ermöglichen sie den Aufbau eines breit gestreuten Erfahrungsschatzes im (virtuellen) Patientenkontakt.

1.3.2 Interdisziplinarität von Serious Games

Wie andere E-Learning-Formate ermöglichen die SG ort- und zeitunabhängiges Lernen. Die Multiplayerfunktion einzelner Spiele ermöglicht, das Zusammenspiel verschiedener Akteure unterschiedlicher Berufsgruppen zu trainieren, um in Hochrisikosituationen Fehler durch nicht abgestimmte Arbeitsabläufe zu vermeiden. Hierbei müssen die Teilnehmer nicht zwangsläufig an einem Ort zusammenkommen, sondern können vom Ort ihrer Wahl am Training teilnehmen [38]. Dies kann darüber hinaus zur interdisziplinären Lehre genutzt werden, um so eine gemeinsame Ausbildung der Gesundheitsberufe zu ermöglichen und die interprofessionelle Zusammenarbeit zu stärken [39]. In einer Meta-Analyse hat sich gezeigt, dass das Spielen der Serious Games sogar effektiver und von größerem Nutzen ist, wenn dies in Gruppen von zwei oder mehr Personen geschieht [40].

1.3.3 Anwendungsgebiete von Serious Games

Die Programme bieten die Möglichkeit, kostenintensive und aufwendige Szenarien darzustellen und einer unbegrenzten Anzahl an Studierenden zugänglich zu machen, da der Einsatz zum Beispiel aufgrund der Bereitstellung über das Internet beliebig

skalierbar ist. So können Lernende Szenarien beliebig oft wiederholen, um Abläufe zu internalisieren und Prozedurenwissen zu festigen. Auch in alltäglichen Situationen können Studierende die Konsequenzen unterschiedlicher Entscheidungen („trial and error“) nachempfinden und so verschiedene Lösungsstrategien ausprobieren, ohne Patienten zu gefährden. In Unterrichtseinheiten mit Simulationspatienten versuchen Studierende stets, sich fehlerfrei zu verhalten, da sie unter Beobachtung anderer Studierenden stehen. Dies verhindert, dass Studierende absichtlich Fehler machen, um aus den Konsequenzen zu lernen.

Die Schwierigkeitsstufen in der Simulation können moduliert und individuell an den Lernfortschritt angepasst werden [41]. Durch den Einsatz von Computerprogrammen kann sichergestellt werden, dass die abgebildeten Szenarien stets einheitlich dargestellt werden und eine Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Abläufen besteht. Besonders bei Simulationen, die auf den Einsatz von Laiendarstellern und Freiwilligen angewiesen sind, ist die Motivation der Darsteller von entscheidender Bedeutung für den Immersionsgrad der nachgestellten Simulation und kann durch Fluktuation zu unterschiedlich gearteten Szenarien führen [42].

1.3.4 Implementierung von Serious Games in das Curriculum

Die Integration von Serious Games in das Curriculum gestaltet sich aufgrund vieler Aspekte jedoch schwierig. Die Verfügbarkeit von Serious Games für die Ausbildung von Medizinstudierenden ist sehr begrenzt [27]. Zudem finden diese innovativen Lehrmethoden häufig nur im Rahmen von Studien Anwendung und werden trotz positiver Validierung und Evaluation nicht konsequent in das Curriculum eingebaut oder nicht hinreichend von Lernenden angewendet [43, 44]. Besonders Spiele mit state-of-the-art-Grafik von eigenständigen, kommerziellen Spieleentwickler-Studios rufen hohe Gebühren zur Nutzung auf und stellen die Lizenznehmer vor hohe Investitionskosten [45]. Den kommerziell entwickelten Spielen fehlt es zudem häufig an medizinisch korrekter und exakter Darstellung von Pathophysiologien und einem authentischen medizinischen Umfeld [46]. Des Weiteren gilt es zu beachten, dass sich Serious Games häufig nur auf einen Aspekt des ärztlichen Handelns konzentrieren und kein fachübergreifendes, interdisziplinäres Angebot zur Wissensvermittlung für viele medizinischen Disziplinen darstellen. Ein interdisziplinärer Ansatz wäre wünschenswert, da sonst jedes Serious Game eine autonome Einzellösung bietet,

wodurch ein „Flickenteppich“ ohne Synergieeffekte und Interaktionsmöglichkeiten entstehen würde.

Darüber hinaus stellt sich die Frage nach dem Zeitpunkt der Einbindung von Serious Games in der Ausbildung von Medizinstudierenden. Es ist nicht abschließend geklärt, welche Art von Spiel zu welchem Zeitpunkt Anwendung finden sollte. Jedoch gibt es Untersuchungen, die darauf hinweisen, dass eine frühe Einbindung bei jungen, unerfahrenen Studierenden vorteilhaft ist [40].

Serious Games wird das Potential zugeschrieben, die Anforderungen der Generation Y und Z zu erfüllen und die Lehre im 21. Jahrhundert maßgeblich zu beeinflussen [47]. Dabei ist nicht abschließend geklärt, ob Serious Games diesen Erwartungen gerecht werden können und ein effektives Lehr- und Lernmittel zur Vermittlung medizinischer Fähigkeiten und Fertigkeiten darstellen. Darüber hinaus ist nicht vollständig verstanden, welche Ingame-Elemente der Serious Games den Lernerfolg bedingen. Da Serious Games perspektivisch auch als Prüfungsformat in Frage kommen, bleibt zu klären, wie Serious Games den Lernfortschritt messen und strukturiertes Feedback geben können. Um zu evaluieren, ob Serious Games diese Erwartungen erfüllen können, werden Validierungs-Studien der einzelnen Serious Games benötigt. Da diese Studien ressourcen- und zeitaufwendig sind, sind bislang viele Serious Games nicht konsequent auf ihre Validität hin untersucht. Dadurch bleibt eine fundierte Untersuchung des Nutzens und der Effektivität der Serious Games aus, wodurch es lediglich zu einem unvollständigen Verständnis über die Prinzipien der Erstellung und Nutzung von Serious Games in der medizinischen Ausbildung kommt [48].

1.4 Eingliederung der Studie in die aktuelle Forschungslandschaft

Die aktuellen Untersuchungen der Serious Games im Bereich der Medizin und Gesundheitsversorgung gliedern sich in zwei große Teilbereiche. So werden Serious Games hinsichtlich ihres Einsatzes zur Prävention, Therapie oder Rehabilitation von Krankheiten untersucht [36].

Der zweite große Bereich der medizinischen Serious Game-Forschung untersucht die Effekte von Serious Games in der Aus- und Weiterbildung von medizinischem Fachpersonal [36].

1.4.1 Einsatz von Serious Games in der medizinischen Ausbildung

Ein wichtiger Fokus der Serious Game-Forschung im medizinischen Sektor liegt auf den Effekten in der Aus- und Weiterbildung von medizinischem Fachpersonal, wie Medizinstudierenden, wobei sich der Einsatz auf nahezu alle Professionen im Gesundheitssektor erstreckt [49]. Dabei zielt der Einsatz von Serious Games auf unterschiedliche Aspekte ab:

Zum einen wird die Vermittlung von praktischen Fähigkeiten durch Serious Games untersucht. Die fehlerfreie und gekonnte Durchführung von medizinischen Prozeduren ist wesentlich für die Patientensicherheit und -unversehrtheit. Der Fähigkeit zur zügigen und sicheren Durchführung kommt in zeitkritischen und gesundheits- oder lebensbedrohlichen Situationen ein noch größerer Stellenwert zu. Deshalb ist es für (angehende) Ärzte in der Notfallversorgung unverzichtbar, essentielle und potentiell lebensrettende Maßnahmen und Interventionen zu beherrschen. Es konnte gezeigt werden, dass App-basierte Serious Games das Potential besitzen, praktische Fähigkeiten besser als herkömmliche Lehrmethoden zu vermitteln [50].

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Vermittlung von deklarativem und Prozedurenwissen sowie auf der Vermittlung von Kompetenzen für die Klinische Entscheidungsfindung („Clinical Reasoning“, CR). Beim CR kommt es durch Anwendung von bereits bestehendem Vorwissen zur Hypothesengenerierung, zum Abgleich mit bereits gesammelten klinischen Erfahrungen und Symptomkomplexen und zur anschließenden Hypothesentestung [51]. Damit ein strukturierter CR-Prozess stattfinden kann, sind vielfältige Erfahrungen mit Patienten unerlässlich [51].

So wurde untersucht, ob Serious Games den Clinical Reasoning-Prozess wie auch die Aufnahme und Anwendung von deklarativem und Prozedurenwissen unterstützen können. Insbesondere bleibt jedoch auch vor dem Hintergrund der aktuellen Studienlage unklar, welche einzelnen Spielelemente eines Serious Games, zum Beispiel in Abgrenzung zu Immersiven Patientensimulationen, den Lernerfolg bedingen.

1.5 Fragestellung der Studie

Die Gesamtheit der wissenschaftlichen Untersuchungen von Serious Games ist durch ihre Heterogenität geprägt. So werden unterschiedliche Spielen, verschiedene Spiel- und Lehrzielkonzepte, verschiedenen Messmethoden und unterschiedliche Studiendesigns eingesetzt, die einen Vergleich untereinander erschweren und einen

Transfer von studienspezifischen Ergebnissen auf andere Serious Games stark limitieren. Darüber hinaus identifizieren verschiedene Reviews oder Meta-Analysen Limitationen in der Qualität der Studien, welches eine Generalisierung der Ergebnisse auf die Gesamtheit der Serious Games untersagt [52]. So werden sich in Teilen widersprechende Ergebnisse bezüglich der Effektivität des Einsatzes von Serious Games oder der Bedeutung einzelner Elemente der Serious Games wie Immersion oder Flow gefunden.

Um den breiten Einsatz von Serious Games in der Ausbildung von Medizinstudierenden, Ärzten und weiteren Berufsgruppen im Gesundheitswesen bewerten zu können, bedarf es jedoch valider Daten zur Effektivität dieses neuen Lehrmediums.

Das vorliegende Serious Game *EMERGE* zeichnet sich in der Spielentwicklung durch die Zusammenarbeit eines kommerziellen Entwicklerstudios in enger Kooperation mit universitären Partnern aus.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Effekt des Spielens des neuen Serious Game *EMERGE*

1. auf das deklarative Wissen,
2. auf das Prozedurenwissen,
3. sowie die Akzeptanz und Zufriedenheit der Studierenden in Bezug auf das neuartige Lehr- und Lernmedium des Serious Games

zu evaluieren.

2 Material und Methoden

Die folgenden Passagen entstammen der Vorveröffentlichung der Ergebnisse im Paper “Serious Games in Surgical Medical Education: A Virtual Emergency Department as a Tool for Teaching Clinical Reasoning to Medical Students” (JMIR Serious Games 2019;7(1):e13028, URL: <http://games.jmir.org/2019/1/e13028/>, doi:10.2196/13028) und sind in Übereinstimmung mit den Publizierrichtlinien des Journals JMIR Serious Games (siehe: <https://games.jmir.org/publishing-policies/copyright-notice>, Creative Commons Attribution License) und mit den Amtliche Mitteilungen 53/2018, § 5 Abs. 7 Buchst. b (Monografie mit Publikation) übernommen worden.

2.1 Description of the Serious Game

EMERGE allows free navigation through a virtual emergency department. A digital mentor supports the student while dealing with the interface and treating patients. When starting the simulation, students get information about the incoming patient from an emergency physician, they dispatch the patient to an examination room, take the patient’s medical history, order diagnostic tests and establish a diagnosis and treatment. When taking the patient’s medical history, students are free to choose from an alphabetical list of 70 questions. Students can ask the questions in any order. If one of the questions is repeated, the virtual patient always responds with the same answer. Students are free to choose any diagnostic test or treatment that a modern emergency department offers. Students are not restricted to medically indicated tests nor to the sequence for taking these tests. All medical decisions have real consequences. For instance, patients respond to treatments and medications have effects and side-effects. EMERGE was developed at Göttingen Medical School in collaboration with the University Medical Centre Hamburg-Eppendorf ensuring the educational quality of the program. EMERGE was programmed by PatientZero Games GmbH®, at a cost of about EUR 200,000.

EMERGE displays the classic features of a modern computer game: free interaction between the player and the game, a certain challenge in terms of a critically ill patient, a game story as the student plays a virtual doctor and high immersion owing to high-fidelity graphics and an intuitive graphic user interface. A demo of EMERGE is freely accessible under the following link: <http://elearning.uke.de/HOOU/EFEWGLCrunching> [46].

2.2 Participants

Students of all clinical years (5th to 12th semester) of medical education at Cologne University were invited to sign up for the study via mailing lists, flyers, and social networks. Each semester consists of about 200 students, thus 1600 students were invited. One hundred and forty medical students (46 males, 94 females; Mean age = 24.1 years, age range: 20–33 years; response rate 140 out of 1600 (8.8%)) volunteered to participate (see Tabelle 1 for demographic information). Thus, 67.1 percent of our participants were female medical students. This distribution of male and female medical students is in line with the national average in Germany with about 2/3 of medical students being female [53]. Students received 15 Euros for their participation. The Ethics Committee of the Medical Faculty at the University of Cologne approved the evaluation. The Institutional Review Board was informed and there were no objections.

	Male	Female
Number of students, n	46	94
Age, Mean (SD)	24.5 (2.6)	23.8 (2.7)
Semester		
5th Semester	5	11
6th Semester	10	28
7th Semester	7	18
8th Semester	8	19
9th Semester	3	8
10th Semester	1	4
Practical Year (11th and 12th Semester)	12	6

Tabelle 1 Demographic information about students who played EMERGE.

2.3 Study Design

The effect of EMERGE on declarative and procedural knowledge was analyzed in a pretest-posttest design. Students first completed the questions measuring procedural and declarative knowledge. After students had played EMERGE, they again completed the questions measuring procedural and declarative knowledge. Additionally, after students had finished playing EMERGE, they also answered several questions measuring their impressions of EMERGE.

2.4 Procedure

In December 2017 and January 2018, 35 gaming sessions lasting 90 minutes each were conducted, and four students were allocated to each session. This was due to the fact that only four computers were available for this study. At the beginning of the experiment, students were greeted by the experimenter (F.T.). Each computer corresponded with one of four different case scenarios. Students were unaware of the associations between computers and case scenarios. Students were free to choose any of the four computers. After all students had taken their seats, they were instructed by the experimenter to complete the 20 multiple choice questions and the written OSCE questions. Students were given 40 minutes to complete the questions. After that, students were instructed to imagine being a first year intern in a real emergency department. Students were further instructed to behave as if their decisions had real consequences. After the instructions, the experimenter launched EMERGE and introduced them to the general controls of EMERGE. At the beginning of the game, students started their session in the entrance hall of the emergency department. A virtual map showed students the way to one of the various rooms within the department (Abbildung 4), where two virtual patients were already waiting for them. Students were free to decide with which patient to interact first. The time to play EMERGE was not limited. Students played an average of 31.7 minutes (SD = 7.4 minutes). The game ended after students had diagnosed and treated the patients or transferred them to another department for treatment. At the end of the game, students were debriefed by a virtual doctor, informing them about the correct diagnosis and treatment for each patient. After the students had finished playing EMERGE, they again completed the 20 multiple choice questions and the written OSCE questions.



Abbildung 4 Sample screenshots of EMERGE: Students can freely interact with the environment.

2.5 Medical Content

To increase the generalizability of the study and to ensure that the results would not be limited to just one condition, we created four distinct clinical cases: pneumothorax, sigmoid diverticulitis, mesenteric ischemia (easy), and mesenteric ischemia (difficult). These cases were selected because they are part of the standard surgical curriculum for German medical students [54]. At University of Cologne, the surgical curriculum is spread out over several semesters. In the 2nd clinical semester, students attend the main surgical lecture, covering all the declarative knowledge for the diseases used in this study. Additionally, students complete the 1st part of surgical bedside teaching. In the 5th clinical semester, students complete the 2nd part of surgical bedside teaching. Moreover, as a part of curriculum at University of Cologne, clinical subjects are taught throughout the whole six years (12 semesters) of medical school, which results in students being presented with similar aspects several times during their training. For all diseases, correct diagnostic and treatment patterns were defined in process charts, as described previously [55]. Briefly summarized, these process charts served as a blueprint for optimal diagnostic and therapeutic workflows. Congruence between student pathways and blueprints formed the basis for the assessment of student performance. Blueprints were based on published guidelines for each disease [56-58]. The four different clinical cases were combined into four different case scenarios (see Tabelle 2). In each case scenario, students were presented with two medical conditions. As the diagnosis of mesenteric ischemia requires profound clinical reasoning and experience this condition was divided in an easy and a difficult case. In the easy case, serum lactate was high and the patient suffered from an arrhythmia. These signs are strong indicators on this clinical condition. However, here is no lab value that is associated with mesenteric ischemia. A functional liver is able to eliminate lactate, even when there is a severe ischemic condition. Hence, the second case represented a patient without indirect signs as elevated lactate and arrhythmia. Due to restraints in the recruiting of participants for the study, only four different case scenarios could be realized. The cases pneumothorax, sigmoid diverticulitis, and mesenteric ischemia (easy) were each used twice in the study. The case mesenteric ischemia (difficult) was only used once. Due to only 140 students participating in the study, it was not possible to create a fifth case scenario with an additional 35 participants to repeat the mesenteric ischemia (difficult) case.

Case scenario 1 (n=35)	Case scenario 2 (n=35)	Case scenario 3 (n=35)	Case scenario 4 (n=35)
Pneumothorax	Mesenteric ischemia (easy)	Pneumothorax	Mesenteric ischemia (easy)
Sigmoid diverticulitis	Sigmoid diverticulitis	Mesenteric ischemia (easy)	Mesenteric ischemia (difficult)

Tabelle 2 Combination of the different clinical cases in the four groups.

2.6 Impact on Declarative Knowledge

Students gain in declarative knowledge was determined by asking 20 multiple-choice (MC) questions before, and immediately after, working with EMERGE. Influence of pre-existing knowledge (concordance validity) was measured by subgroup analysis with regard to study year.

2.7 Impact on Procedural Knowledge

Students' gain in procedural knowledge was measured by presenting students with a modified clinical case from OSCE describing a patient with a sigmoid diverticulitis. This disease was intentionally selected for this analysis due to personal experience as OSCE examiners at our university as this case shows the highest complexity of all vignettes. Since the study lasted several weeks, it was expectable that participants exchange knowledge and experience. In order to minimize the effect, that new participants are biased and primarily focus on sigmoid diverticulitis only half of the students playing EMERGE were presented with a patient with sigmoid diverticulitis in the game. In this subgroup we were able to measure the effect of treating a patient with sigmoid diverticulitis on procedural knowledge. Time to read the case was not limited. After students had read the case, they were asked the following six questions:

1. Please list the five most likely potential diagnoses for the patient.
2. What additional anamnestic questions would you ask the patient?
3. What procedures would you order to confirm your diagnosis and in what order?
4. How would you treat a perforated sigmoid diverticulitis?
5. How would you treat a non-perforated sigmoid diverticulitis?
6. How would you treat an appendicitis?

Students had to write down their answers. Answers were compared to a blueprint created by two expert physicians (R.K. and S.C.) based on current medical guidelines and scored accordingly. Answers were scored by F.T. Critical cases were discussed

among all three authors (R.K., S.C., & F.T.) and resolved. Inter-rater reliability was not calculated.

An overview of the experimental set-up can be seen in Fig 2 (Abbildung 5). Pre-test and post-test multiple-choice questions and OSCE case were identical before and after EMERGE.

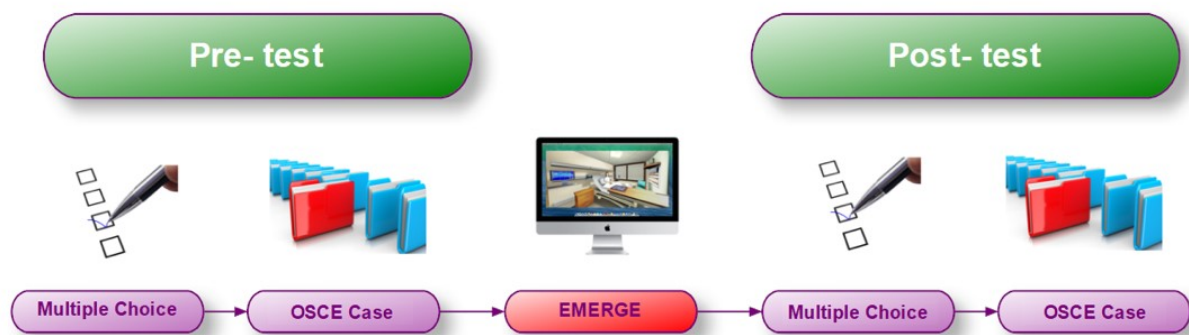


Abbildung 5 Testing declarative and procedural knowledge before and after working with EMERGE.

2.8 Students impressions of EMERGE

Students also rated ten statements to measure three different aspects of their experience using EMERGE: (a) overall impression of EMERGE, (b) usability of EMERGE, and (c) student attitudes towards e-learning and computers. These 10 items had been used in a previous study on a web-based immersive patient simulator [55]. Students rated these aspects on a 6-point Likert scale ranging from 1 (fully agree) to 6 (fully disagree). The overall impression of EMERGE was measured using the following statements:

“Using EMERGE is fun”, “EMERGE teaches new knowledge”, “EMERGE prepares me for clinical practice”, “I would use EMERGE”, “my overall impression of EMERGE”.

The usability of EMERGE was measured using the following statements: “EMERGE is easy to learn”, “EMERGE is easy to use”.

Student attitudes towards e-learning and computers was measured using the following statements: “I use computers on a daily basis”, “Computers, consoles, and cell phones are my hobby”, “I mostly learn with books” (reversed item).

2.9 Data analysis

To assess students’ gain in declarative knowledge, students were presented with 10 multiple choice questions per clinical case. Because each student was presented with

two clinical cases, students answered a total of 20 multiple choice questions. Students completed the same 20 questions before and after playing EMERGE. For each student, we calculated what percentage of the questions they answered correctly. The percentage of correctly answered questions was analysed in a mixed ANOVA. To determine the sample size for the study, a statistical power analysis was performed. This statistical power analysis was not based on data from prior studies but on general considerations about the trade-offs between the ability to detect certain effects and the feasibility to acquire a sufficiently large sample. Given a specified effect size (Cohen's d), power, and α , the sample size was calculated using GPower (GPower 3.1). Because the implementation of new teaching methods can be expensive and time consuming, potential new teaching methods should have a sufficiently large benefit. However, promising new teaching methods should not be overlooked. Therefore, as a compromise, our study should be sufficiently powered to detect medium sized-effects with a Cohen's d of 0.3 for the within-group comparisons. With an $\alpha = .05$ and power = .80, the projected sample size needed to detect a effect of Cohen's d of 0.3 for the within-group comparisons was $N = 90$ (GPower 3.1). With an $\alpha = .05$ and power = .80, the projected sample size needed to detect a large effect (Cohen's d of 0.5) for the between-group comparisons was $N = 64$ per group (GPower 3.1).

To assess students' gain in procedural knowledge, we presented students with a clinical vignette (sigmoid diverticulitis) and asked them six questions with regard to the vignette. Students provided their answers in written form. Because only half of the students playing EMERGE were presented with a patient with sigmoid diverticulitis in the game, we were able to measure the effect of treating a patient with sigmoid diverticulitis on procedural knowledge.

Students' answers to the first question were graded as correct if they had listed the correct diagnosis among the top 3 diagnoses. The gain in procedural knowledge was assessed by comparing the number of students who listed the correct diagnosis among the top 3 diagnoses *before* playing EMERGE to the number of students who listed the correct diagnosis among the top 3 diagnoses *after* playing EMERGE. The number of students before and after playing EMERGE was compared using generalized estimating equations (GEE).

In the second question the number of diagnostic questions asked before and after playing EMERGE was analyzed using a mixed ANOVA.

Students' answers to the third question were graded as correct if they had listed all diagnostic procedures in the correct order. Correct answers before and after playing EMERGE were compared using generalized estimating equations (GEE).

Students' answers to the fourth, fifth and sixth question were graded as correct if they provided the correct treatment for each condition. Correct answers before and after playing EMERGE were compared using generalized estimating equations (GEE).

For all correlational analyses, Kendall's τ was used as a robust measure of correlation. Data were analysed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, Version 25; IBM, 2017).

3 Ergebnisse

Results

3.1 Knowledge Gain: Impact on Declarative Knowledge

Working with EMERGE showed a positive impact on declarative knowledge. The percentage of correct answers to MCQs increased from before ($M = 60.4$, $SD = 16.6$) to after ($M = 76.0$, $SD = 11.6$) playing EMERGE, $t(139) = -13.92$, $P < .001$, $d = 1.25$.

To test whether declarative knowledge differed between students in lower or higher semesters, we conducted a 2×7 mixed ANOVA (Time \times Semester) as an exploratory analysis. There was a significant main effect of time on the percentage of correct answers, $F(1, 133) = 130.67$, $P < .001$, $\eta^2_p = .496$. This suggests that participants answered significantly more questions correctly after playing EMERGE compared to before. There was also a significant main effect of semester, $F(6, 133) = 4.76$, $P < .001$, $\eta^2_p = .177$. This suggests that students in higher semesters answered significantly more questions correctly than students in lower semesters. There was also a significant interaction effect between time and semester, $F(6, 133) = 18.36$, $P < .001$, $\eta^2_p = .453$. This suggests that the knowledge gain after playing EMERGE was larger for students in lower semesters (see Abbildung 6). This is further supported by a negative significant correlation between knowledge gain (percentage of correct answers after playing EMERGE – percentage of correct answers before playing EMERGE) and semester, Kendall's $\tau(140) = -.298$, $P < .001$.

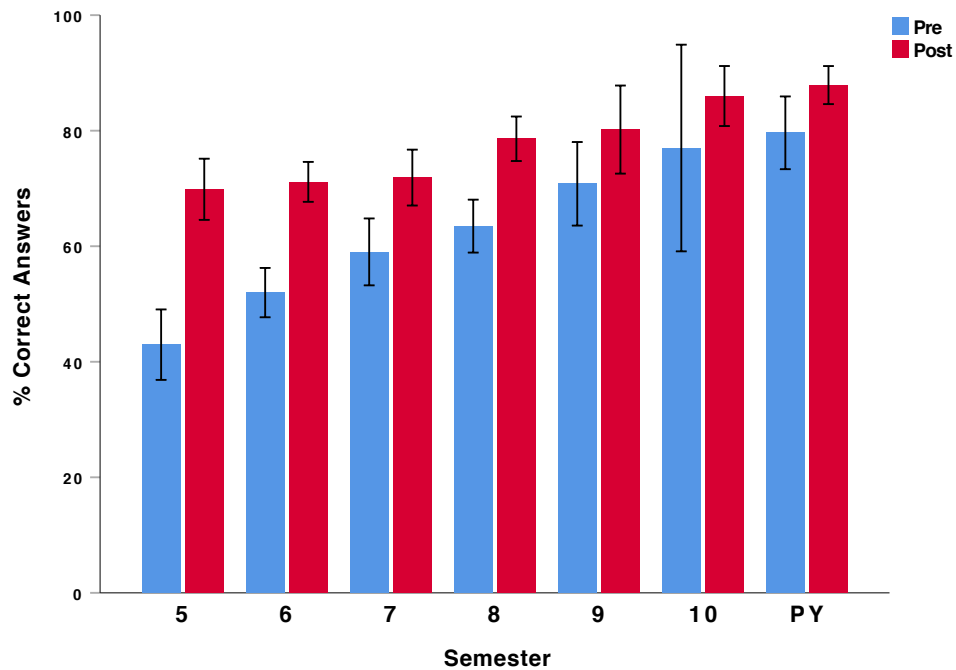


Abbildung 6 Percent of correct answers by semester before and after playing EMERGE. Error bars represent 95%-CI of the mean; PY = Practical year (11th and 12th semester).

3.2 Knowledge Gain: Impact on Procedural Knowledge (OSCE)

Students' gain in diagnostic accuracy was analyzed using generalized estimating equations (GEE) in a 2 × 2 design (time × sigmoid case). There were no significant effects, all Wald $\chi^2(1) < 1.41$. For descriptive results Tabelle 3.

	Before playing EMERGE		After playing EMERGE	
	No Sigmoid Case	Sigmoid Case	No Sigmoid Case	Sigmoid Case
Correct Diagnosis	61 out of 70 (87%)	65 out of 70 (93%)	62 out of 70 (89%)	66 out of 70 (94%)
Correct Diagnostic Procedures	5 out of 70 (7%)	2 out of 70 (3%)	14 out of 70 (20%)	19 out of 70 (27%)
Correct Treatment Perforated SD	66 out of 70 (94%)	67 out of 70 (96%)	70 out of 70 (100%)	69 out of 70 (99%)
Correct Treatment Non-perforated SD	40 out of 70 (57%)	39 out of 70 (56%)	46 out of 70 (66%)	67 out of 70 (96%)
Correct Treatment Appendicitis	67 out of 70 (96%)	66 out of 70 (94%)	68 out of 70 (97%)	67 out of 70 (96%)

Tabelle 3 Descriptive results of OSCE before and after playing EMERGE for students who were presented with a sigmoid case during EMERGE and students who were not presented with a sigmoid case. Sigmoid diverticulitis (SD).

To test whether there was a gain in procedural knowledge, we compared the number of diagnostic questions asked in the sigmoid diverticulitis case before and after playing EMERGE in a 2×2 mixed ANOVA (Time \times Sigmoid Case). There was a significant main effect for time, $F(1, 138) = 20.20, P < .001, \eta^2_p = .128$. All other effects were not significant, all $F < .775$. This suggests that students asked significantly more diagnostic questions after playing EMERGE ($M = 3.11, SD = 1.65$) compared to before ($M = 2.42, SD = 1.38$), regardless of whether they had been presented with a sigmoid diverticulitis case in the game or not.

To test whether the order of correct diagnostic procedures improved after playing EMERGE, we conducted an analysis using generalized estimating equations (GEE) in a 2×2 design (time \times sigmoid case). There was a significant main effect of time, $b = -2.54, \text{Wald } \chi^2(1) = 13.47, P < .001$. All other effects were not significant, all $\text{Wald } \chi^2 < 2.77$. This suggests that more students chose the correct diagnostic pathway after playing EMERGE, 33 out of 140 participants (23.6%), as compared to before playing EMERGE, 7 out of 140 participants (5.0%), regardless of whether they had been presented with a sigmoid diverticulitis case in the game or not.

To test whether the treatment suggestions for the perforated sigmoid diverticulitis case improved after playing EMERGE, we conducted an analysis using generalized estimating equations (GEE) in a 2×2 design (time \times sigmoid case). There were no significant main or interaction effects, all $\text{Wald } \chi^2 < 0.91$, for descriptive results see Tabelle 3.

To test whether the treatment suggestions for the non-perforated sigmoid diverticulitis case improved after playing EMERGE, we conducted an analysis using generalized estimating equations (GEE) in a 2×2 design (time \times sigmoid case). There was a significant effect of time, $b = -2.88, \text{Wald } \chi^2(1) = 21.83, P < .001$. There was also a significant effect of sigmoid case, $b = -2.46, \text{Wald } \chi^2(1) = 14.65, P < .001$. There was also a significant interaction effect, $b = 2.51, \text{Wald } \chi^2(1) = 14.48, P < .001$. To break down this interaction effect, χ^2 tests were performed. A significantly larger proportion of students who had been presented with a sigmoid case in EMERGE, 67 out of 70 participants (96%), provided correct treatment suggestions after playing EMERGE than students who had not been presented with a sigmoid case, 46 out of 70 participants (66%), $\chi^2(1, N = 140) = 20.24, P < .001$. There was no significant difference between both groups before playing EMERGE, $\chi^2(1, N = 140) = 0.03, P = .87$.

To test whether the treatment suggestions for the appendicitis case improved after playing EMERGE, we conducted an analysis using generalized estimating equations (GEE) in a 2×2 design (time \times sigmoid case). There were no significant main or interaction effects, all Wald $\chi^2 < 0.21$. This suggests that there was no difference in the proportion of students who listed the correct treatment for appendicitis before, 133 out of 140 participants (95.0%), and after, 135 out of 140 participants (96.4%), playing EMERGE.

3.3 Impression ratings of EMERGE

Students rated their overall impression of EMERGE (Cronbach's $\alpha = 0.805$), $M = 1.95$, $SD = 0.71$) the usability of EMERGE (Cronbach's $\alpha = 0.851$, $M = 1.62$, $SD = 0.84$), and their attitude towards e-learning (Cronbach's $\alpha = 0.518$, $M = 2.66$, $SD = 0.98$). Tabelle 4 shows the mean ratings of the students' impressions of EMERGE. As Tabelle 5 shows, there was a significant correlation between semester and overall impression of EMERGE, indicating that students in lower semesters had a more positive impression of EMERGE than students in higher semesters. There was also a significant correlation between overall impression of EMERGE and the perceived usability of EMERGE.

	Mean (SD)
Using EMERGE is fun.	1.68 (0.84)
EMERGE teaches new knowledge.	1.98 (0.96)
EMERGE prepares me for clinical practice.	1.95 (0.98)
I would use EMERGE regularly.	2.22 (1.18)
My overall impression of EMERGE.	1.91 (0.69)
EMERGE is easy to learn	1.61 (0.89)
EMERGE is easy to use.	1.64 (0.91)
I use computers on a daily basis.	1.63 (1.25)
Computers, consoles, and cell phones are my hobby.	2.86 (1.52)
I mostly learn with books.	3.49 (1.32)

Table 4 Mean ratings of the experience of using EMERGE (ranging from: 1 = fully agree to 6 = fully disagree).

Table 5 shows the correlations between semester and the mean ratings of EMERGE:

	Overall Impression of EMERGE	Usability of EMERGE	Attitudes towards E-learning
Semester	.195**	.058	-.091
Overall Impression of EMERGE		.218**	.122
Usability of EMERGE			.122

*Tabelle 5 Correlations (Kendall's τ) between semester and mean ratings of EMERGE * P < .05 ** P < .001.*

4 Diskussion

4.1 Anforderung an Serious Games als effektives Lehr- und Lernmedium

An Serious Games wird die Erwartung gerichtet, die an die universitäre Lehre gestellte Herausforderungen, die mit der Ausbildung der Studierenden der Generationen Y und Z, einem verdichteten Curriculum wie auch komplexer werdendem und wachsendem Wissen einhergehen, in kompetenter Weise zu adressieren.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Wissenszuwachs: Effekte auf das deklarative Wissen

Um den Effekt des Spielens des Serious Games auf den Zugewinn an deklarativem Wissen zu untersuchen, absolvierten die Studienteilnehmer vor und nach der Intervention (Spielen von *EMERGE*) einen Fragebogen, der aus 20 MC-Fragen bestand. Das Multiple-Choice-Fragen-Format wurde gewählt, um den Zuwachs an deklarativem Wissen zu untersuchen, da MC-Fragen nach Miller das passende Format sind, ebendieses Wissen und damit die Basis der Miller-Pyramide abzuprüfen [22].

Bei der Untersuchung der Effekte des Spiels auf das deklarative Wissen konnte ein signifikanter Zuwachs an deklarativem Wissen beobachtet werden. Ebenso konnte beobachtet werden, dass Studierende in höheren Semestern signifikant mehr Fragen korrekt beantwortet haben als Studierende in niedrigeren Semestern. Dabei war eine inverse Korrelation zwischen Semesteranzahl und Zuwachs der beantworteten Fragen erkennbar, die belegt, dass Teilnehmer im frühen Studienabschnitt einen größeren Zuwachs an deklarativem Wissen verzeichnen als diejenigen im fortgeschrittenen Studienabschnitt.

Es konnte beobachtet werden, dass der Unterschied zwischen gut und weniger gut vorbereiteten Studierenden angeglichen werden konnte. So entsprach der Unterschied zwischen der schwächsten Gruppe (5. Semester, Mittelwert: 42,96% richtig beantwortete Fragen) und der leistungsstärksten Gruppe (Praktisches Jahr, Mittelwert: 79,63%) in der Beantwortung der MC-Fragen vor dem Einsatz des Serious Games gut 36 Prozentpunkten. Nach dem Einsatz von *EMERGE* verringerte sich der Abstand auf circa 18 Prozentpunkte (5. Semester: Mittelwert 69,85%, Praktisches Jahr: Mittelwert: 87,90%) und halbierte sich damit (Vergleiche Abbildung 6 und Tabelle 3). Es kam insgesamt zu einer Anhebung des Wissensniveau, wobei schwächere Studierende einen größeren Zuwachs an Wissen erfuhren als stärkere Studierende,

sowie zu einer deutlichen Angleichung und Homogenisierung der Wissensniveaus. Diese Beobachtung kann unter Zuhilfenahme des Pareto-Prinzips erklärt werden: Dieses besagt, dass für die ersten 80% der Ergebnisse lediglich 20% des Gesamtaufwandes erbracht werden müssen. Die restlichen 20% verlangen 80% des Aufwandes ab [59]. Dieses Prinzip findet in den Wirtschaftswissenschaften breite Verwendung, kann jedoch auf die Ergebnisse dieser Studie übertragen werden: Studierende in frühen Semestern, die ohne großes Vorwissen an der Studie teilnahmen, bewältigen durch das Spielen des Serious Games die ersten Anteile des Gesamtaufwands zum vollen Lernerfolg. Dadurch erfahren diese einen großen Lerneffekt, der sich in Form von circa 70% richtig beantworteter MC-Fragen finden lässt. Gut vorbereitete Studierende, die also bereits einen höheren Lernaufwand zeigten, erfahren keinen großen Zuwachs, da das Spiel nicht 80% des Lernaufwands widerspiegeln kann.

Die semesterinterne Streuung nahm ebenfalls durch die Intervention ab. Bei steigenden Mittelwerten ist in allen Semestern mit Ausnahme des 9. Semesters eine Verringerung der Streuung, die anhand geringerer Standardabweichungen (Vergleiche Abbildung 6) abgelesen werden kann, zu verzeichnen. Bei PJ-Studierenden und unter Einbezug aller Studierenden handelt es sich um eine signifikante Verminderung der Streuung bei insgesamt steigendem Wissensniveau. Die sonstigen Veränderungen zeigen möglicher Weise aufgrund von zu geringen Gruppengrößen oder geringen Effekten keine statistische Signifikanz.

Diese Beobachtungen zeigen, dass der Einsatz von Serious Games die Angleichung von Wissensniveaus bei unterschiedlich gut vorbereiteten Studierenden bewirken kann. Dieser Effekt ist nicht nur innerhalb eines Semesters zu verzeichnen, sondern auch über Semester Grenzen hinweg zu beobachten. Dieser Effekt ist bedeutsam für eine effektive Nutzung der begrenzten Unterrichtszeit im Präsenzunterricht am Krankenbett. Es ist bekannt, dass der Kleingruppenunterricht dann am effektivsten ist, wenn ein einheitliches Wissenslevel unter den Studierenden besteht [60]. So kann Serious Games vor diesem Hintergrund die Rolle zukommen, die Vorbereitung der Studierenden eines Semesters auf den (Kleingruppen-)Unterricht zu unterstützen und die effektivere Nutzung der begrenzten Blockpraktikumszeit durch einheitliche Wissensstände oder semesterübergreifende Lehre zu ermöglichen.

Zwar kommt der Vermittlung von deklarativem Wissen als Fundament allen ärztlichen Handelns eine grundlegende Bedeutung zu, jedoch wird SG auch das Potential

zugeschrieben, andere Wissensformen ebenfalls effektiv vermitteln zu können. So sehen manche Autoren in der Nutzung von Serious Games die Möglichkeit, Prozedurenwissen, das auf deklarativem Wissen aufbaut, effizient und angenehm zu vermitteln [61] und bemängeln, dass SG nach wie vor hauptsächlich zur Vermittlung von wenig komplexen kognitiven Fähigkeiten (lower order cognitive skills) wie Erlernen und Vermittlung von Faktenwissen genutzt werden [62]. Jedoch ist eine gute Konzeption und Gestaltung von Serious Games zur Vermittlung von kognitiv anspruchsvollen Skills wie der klinischer Entscheidungsfindung eine aufwendige und ressourcenintensive Arbeit, weswegen häufig die einfachere Vermittlung des deklarativen Wissens im Vordergrund steht [62].

Alles in allem deckt sich die Beobachtung über den Zuwachs an deklarativem Wissen mit bisherigen Studien, die ebenfalls zeigen konnten, dass der Einsatz von SG einen positiven Effekt auf das deklarative Wissen besitzt. Verschiedene Meta-Analysen untermauern ergänzend den positiven Effekt von Serious Games auf das deklarative Wissen [63].

4.2.2 Wissenszuwachs: Effekte auf das Prozedurenwissen

Um *EMERGE* als mögliches Lehrinstrument zur Vermittlung von Prozedurenwissen zu evaluieren, wurde der Effekt des Spielens von *EMERGE* auf das Prozedurenwissen mit Hilfe von schriftlich-simulierten OSCE untersucht. Dabei sind die Studierenden mit einer Fallvignette konfrontiert und legen schriftlich dar, wie sie handeln würden. Dieses Fragenformat ist an Key Feature Questions angelehnt, welche als valides Prüfungsformat angesehen werden [64] und die zweite Stufe der Miller-Pyramide, das Prozedurenwissen, abprüfen [65].

Durch das Spielen von *EMERGE* haben sich im Vorher-Nachher-Vergleich verschiedene Effekte gezeigt: So wurde eine umfangreichere Anamnese mit mehr gestellten Fragen durchgeführt, es wurden diagnostisch-apparativen Untersuchungen häufiger in der richtigen Reihenfolge durchgeführt und es wurden in Teilen häufiger richtige Therapieempfehlungen gemacht.

Andererseits konnte keine Verbesserung bei der diagnostischen Genauigkeit festgestellt werden, es gab keine Verbesserung bei den Therapieempfehlungen hinsichtlich der perforierten Sigmadivertikulitis wie auch bei der Appendizitis.

Studierende führten in den Freitext-OSCE-Fragen (bei dem Sigmadivertikulitis-OSCE-Fall) signifikant umfangreichere Anamnesen durch, nachdem sie das Spiel gespielt

hatten. Dieser Effekt trat unabhängig davon auf, ob die Studierenden im Serious Game einen Sigmadivertikulitis-Fall behandeln mussten oder nicht. Eine Hypothese ist, dass das Serious Game *EMERGE* den Studierenden die Wichtigkeit einer detaillierten und umfangreichen Anamnese aufzeigt und die Studierenden an wichtige Themengebiete einer Anamnese erinnert. Diese Erkenntnisse decken sich mit anderen Studien, die zeigen konnten, dass Serious Games das Potential besitzen, die Kommunikationsfähigkeiten zu trainieren, und den Spielern die Möglichkeit zu bieten, sich soziale Kompetenzen und Fähigkeiten anzueignen. So können Serious Games auch gegenüber anderen Kulturen sensibilisieren und Verständnis schaffen [66, 67]. Diese Kompetenzen haben auch in den NKLM Einzug gefunden, wodurch auf die Vermittlung dieser Kompetenzen, insbesondere in Bezug auf die Kommunikation mit Patienten mit verschiedenen kulturellen Hintergründen, vermehrt Wert gelegt wird [4, 68].

Jedoch kann nicht nur die Kommunikation zwischen Arzt und Patient trainiert und verbessert werden. Die WHO sieht in interdisziplinär genutzten Serious Games das Potential, der steigenden Arbeitsbelastung durch verbesserte Team-Work- und Kommunikationsfähigkeiten zwischen verschiedenen Professionen des Gesundheitswesens entgegenzuwirken, sodass eine effizientere patientenzentrierte Krankenversorgung ermöglicht wird. Besonders e-Learning-Formaten kommen bei der Realisierung der interprofessionellen Lehre eine entscheidende Rolle zu [33].

Studierende besitzen zudem eine deutlich positivere Einstellung zur Erlernung von kommunikativen Fähigkeiten, wenn die Vermittlung in das Curriculum eingebunden ist [69]. Diese Kompetenzen sind vor allem für die Führung eines Anamnesegesprächs und für die Arzt-Patienten-Kommunikation im Allgemeinen von großer Bedeutung. Eine Hypothese ist, dass Serious Games einen Beitrag dazu leisten können, eine konsequente, in dem Curriculum verankerte Vermittlung von kommunikativen Fähigkeiten und Kompetenzen zu unterstützen. Es muss jedoch beachtet werden, dass das Training der Arzt-Patienten-Kommunikation aufgrund der hohen Komplexität mit Hilfe von Serious Games anspruchsvoll ist. Da nicht nur die inhaltliche Ebene (was gesagt und verstanden wird) der Kommunikation, sondern zum Beispiel auch die nonverbale, emotionale Ebene (wie etwas gesagt und verstanden wird) von großer Bedeutung für die Kommunikation sind, fällt es schwer, realitätsgetreue Simulationen, bei denen der Lernende eigene Emotionen und Konnotationen einbringen kann, zu erstellen. Die aktuelle Studienlage zum Effekt von Serious Games auf die Arzt-

Patienten-Beziehung lässt keine Aussage darüber zu, ob Serious Games signifikant zur Verbesserung der Arzt-Patienten-Beziehung beitragen können. Auch muss hierbei beachtet werden, dass Schwierigkeiten bei der objektiven Bewertung der komplexen, zwischenmenschlichen Arzt-Patienten-Kommunikation bestehen. Zur Zeit werden deshalb hauptsächlich Schauspielpatienten eingesetzt, die das Kommunikationstraining im Medizinstudium in geschütztem Rahmen erlauben und Feedback geben können [30].

Diskussionswürdig ist darüber hinaus, ob die hier gefundene umfangreichere Anamnese gleichbedeutend mit einer besseren Anamnese ist. So können auch wenige, jedoch sorgfältig ausgewählte Fragen eine Differentialdiagnose ausschließen oder bestätigen. Aufgrund der Heterogenität in den Freitextantworten war eine genaue Differenzierung nicht durchführbar.

Des Weiteren konnte die vorliegende Untersuchung zeigen, dass das Prozedurenwissen im Hinblick auf klinisch-diagnostische Behandlungspfade und klinische Entscheidungsfindung durch *EMERGE* geschult wird. So skizzierten die Studierende bei den short-answer-OSCE-Fragen des Sigmadivertikulitis-Falls signifikant öfter den richtigen klinischen Behandlungspfad mit den korrekten Untersuchungen. Diese Beobachtung ist ebenfalls unabhängig davon, ob Studierende einen Sigmadivertikulitis-Fall in *EMERGE* behandeln mussten oder nicht. Die Hypothese ähnelt der Hypothese für die Verbesserung der anamnestischen Fähigkeiten: Durch das Spieldesign werden Studierenden die zur Verfügung stehenden diagnostischen Methoden und Tests aufgelistet. Durch das Erinnern an die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten und die Tatsache, dass das Spiel die benötigte Zeit für einen Test simuliert, werden die Studierenden in der klugen und zeiteffizienten Anordnung der Untersuchungen geschult. Dadurch erlangen die Studierenden ein Gefühl für die sinnvolle Anordnung der Untersuchungen. Ebenfalls wird durch das abschließende, spieleigene Feedback die Verhältnismäßigkeit der angeordneten Tests evaluiert. Dadurch kann die Fähigkeit geschult werden, passende und angemessen umfangreiche und invasive Untersuchungsmethoden auszuwählen. Es ergibt sich der Verdacht, dass die Lerneffekte nicht fallspezifisch seien könnten, sondern generelle Fähigkeiten geschult werden, die fallunspezifisch Anwendung finden können. Eine Beobachtung war, dass ein geringer Anteil der teilnehmenden Probanden nicht einzelne Test bedacht ausgewählt, sondern nahezu alle verfügbaren

Mittel angewandt hat. Dieses Verhalten von Studierenden bei Serious Games ist bereits beobachtet worden [55]. Daraus ergibt sich die Fragestellung, wieviel Entscheidungsfreiheit den Studierenden gewährt werden kann, ohne den pädagogischen Nutzen des SG zu riskieren: durch die Freiheit, alle Tests durchzuführen, kann das Lernziel, Ressourcen strategisch sinnvoll und effektiv einsetzen zu können, gefährdet werden. Andererseits stellt sich die Frage, wie viele Einschränkungen benötigt werden: Eine zu große Unterstützung und Führung des Lernenden kann darin münden, dass wichtige Entscheidungs- und Lernprozesse nicht durch den Lernenden selbst erarbeitet werden müssen, sondern durch die Hilfestellungen ersichtlich sind und somit ein intensiver Lernprozess verhindert wird. Eine Form der Unterstützung zum richtigen, realitätsgetreuen Spielen kann das sogenannte Scaffolding sein. Scaffolding (von engl. scaffold, „Gerüst“) bezeichnet eine Unterstützung seitens einer Person (Lehrer oder Mitlernender), einer papiergestützten Quelle oder eben eines Computers, die Lernenden eine lehrreiche Anteilnahme an und Auseinandersetzung mit einer Aufgabe erlaubt, die sie ohne die Unterstützung nicht bewältigen könnten [70]. Scaffolding ermöglicht Lernenden somit, die Zone des proximalen Fortschritts zu erreichen. Dabei kann die In-Game-Unterstützung im Sinne einer klaren Strukturierung der Probleme und Aufgaben oder einer Unterstützung bei Schlüsselstellen, also durch eine Vereinfachung des Lerninhalts, erfolgen. Alternativ können wichtige Lernaspekte besonders hervorgehoben und problematisiert werden, wodurch durch einen höheren Schwierigkeitsgrad eine intensivere Auseinandersetzung mit wichtigen Lerninhalten erfolgen kann und konsekutiv der Lernerfolg gesteigert wird [71]. Neben den In-Game-Scaffold-Maßnahmen können auch Unterstützungen außerhalb des Spieles stattfinden.

Es konnte gezeigt werden, dass die Integration von Scaffolding-Maßnahmen keine negativen Effekt auf den empfundenen Flow oder den Spaß hatte [72], und sogar die Motivation und den Lerneffekt signifikant steigern konnte [73].

Es konnte in unterschiedlichen Meta-Analysen gezeigt werden, dass Serious Games neben dem Behandlungserfolg der Patienten und dem Verhalten das Prozedurenwissen positiv beeinflussen können [74, 75]. Dabei kann nicht nur sehr effektiv die Klinische Entscheidungsfindung (CR) [35], sondern auch Prozedurenwissen im Sinne von Fertigkeiten und Handlungsabfolgen [50] trainiert und vermittelt werden. Besonders der Einsatz von Simulationen für die Vermittlung von Prozedurenwissen bei manuellen Fertigkeiten wird von manchen Autoren als

moralische und ethische Notwendigkeit [76] bezeichnet, um den Konflikt, welcher zwischen der Sicherstellung einer sicheren und guten Patientenversorgung und der Ausbildung von Medizinstudierenden und jungen Ärzten besteht, aufzulösen. Der Einsatz von Simulationen zur Vermittlung von prozeduralem Wissen führt dabei zu einer höheren Patientensicherheit.

So konnte in einer prospektiven, monozentrischen, einfach-verblindeten, randomisiert-kontrollierten Studie gezeigt werden, dass validierte Serious Games effektive und die intrinsische Motivation steigernde Lehrinstrumente zur erfolgreichen Vermittlung von praktischen, manuellen Fertigkeiten darstellen. Die eingeschlossenen 116 Studierenden wurden im Rahmen der Studie auf eine Interventionsgruppe, die mit Hilfe des kommerziell verfügbaren Serious Games *TouchSurgery* die Schrittabfolge der Thoraxdrainagen-Anlage erlernten, und auf eine Kontrollgruppe, die mit Hilfe der gleichen App die Pleurapunktion (Thorakozenese) erlernte und sich lediglich mit herkömmlichen Lernmaterialien auf die Durchführung der Thoraxdrainagen-Anlage vorbereitete, aufgeteilt. Zur Kontrolle des Lernerfolgs wurde die Anlage einer Thoraxdrainage am Schweinmodell durch erfahrene Chirurgen beurteilt. Es zeigte sich, dass die Studierenden der Interventionsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe, die lediglich herkömmliche Lernmaterialien zur Vorbereitung zur Verfügung stehen hatte, bessere operative Leistungen, eine höhere Patientensicherheit, höhere Genauigkeit und größeres Geschick bei der Handhabung der Instrumente zeigten und weniger Hilfe eines erfahrenen Chirurgen in Anspruch nehmen mussten. Darüber hinaus bewerteten die Studierenden die App *TouchSurgery* als eine effiziente und motivierende Lernmethode und gaben an, auch in der Freizeit die App nutzen zu wollen [50].

Doch können Serious Games nicht nur in solchen Situationen hilfreich sein, die aufgrund einer potentiellen Patientengefährdung selten geprobt und in sicherem Umfeld trainiert werden können: auch Szenarien, die einen extrem hohen Ressourcenaufwand benötigen, um simuliert werden zu können, eignen sich in hervorragender Weise zur Simulation mittels Serious Game. So untersuchte eine Studie den Nutzen einer Serious Games-Anwendungen in der Notfallmedizin am Beispiel einer MANV-Situation. Es zeigte sich, dass die Spieler des Serious Games im Vergleich zu der Kontrollgruppe, die sich in Kleingruppen auf die Triagierung mit Hilfe eines Kartenspiel-ähnlichen Lernwerkzeugs vorbereitet hatte, eine höhere Triagierungs- und Abfolgengenauigkeit vorweisen konnten [41]. Eine aktuelle Studie

konnte ebenfalls bestätigen, dass sich Serious Games zum Training von Triagierungsprozessen eignen [77].

Eine weitere Beobachtung ist, dass die Studierende die diagnostische Genauigkeit (richtige Verdachtsdiagnose gestellt) durch Spielen von *EMERGE* nicht signifikant verbessern konnten.

Eine wichtige Entscheidung im klinischen Alltag, die im Anschluss an die Bestimmung einer Verdachtsdiagnose ansteht, ist die Festlegung des Therapieregimes. Dabei ist bei vielen Krankheiten die Wahl zwischen der konservativen und der interventionell-chirurgischen Behandlung zu treffen. Um zu untersuchen, ob Studierende durch das Spielen öfter das richtige Therapieregime auswählen, wurden in den OSCE-Fragen jeweils die Frage nach der Behandlung einer nicht-perforierten und einer perforierten Sigmadivertikulitis sowie einer Appendizitis gestellt. Sowohl bei der perforierten Sigmadivertikulitis als auch bei der Appendizitis konnte keine Verbesserung bei der Wahl des Therapieregimes festgestellt werden. Jedoch ist dies und auch die nicht signifikante Verbesserung der diagnostischen Genauigkeit mit dem Auftreten des Deckeneffekt (engl.: ceiling effect) zu erklären. Bei beiden Fallvignetten konnte schon vor Beginn der Intervention mit dem Serious Game eine korrekte Beantwortung der Frage durch mehr als 94 Prozent der Teilnehmer beobachtet werden. Nach Einsatz des Serious Games konnten mehr als 96 Prozent, zum Teil sogar 100 Prozent der Teilnehmer einer Gruppe die Fragen richtig beantworten. Bezüglich der Verdachtsdiagnose wurden im pre-Test von circa 90 Prozent der Teilnehmer bereits die richtige Diagnose gestellt. Da der Test vor der Intervention wenig Verbesserungspotential bietet, ist eine statistisch signifikante Verbesserung nicht erreicht worden. Darüber hinaus gilt es zu beachten, dass die Therapie einer akuten Appendizitis in der Allgemeinbevölkerung hinlänglich bekannt ist und vor allem von medizinisch Interessierten wiedergegeben werden kann. Ähnliches gilt für die perforierte Sigmadivertikulitis. Es erscheint selbstverständlich, dass ein perforierter Darmabschnitt chirurgisch versorgt werden muss – vor allem, wenn im Gegensatz dazu nach der Therapie der nicht-perforierten Sigmadivertikulitis gefragt wird.

Interessanter Weise konnte jedoch eine signifikante Verbesserung bei der Wahl des Therapieregimes bei der nicht-perforierten Sigmadivertikulitis festgestellt werden. Diese signifikante Verbesserung war nur unter den Studierenden zu beobachten, die auch einen Sigmadivertikulitis-Fall in *EMERGE* behandeln mussten. So konnte die Anzahl derer, die eine nicht-perforierte Sigmadivertikulitis richtig behandeln würden,

durch die Intervention mit dem Serious Game *EMERGE* nahezu verdoppelt werden. Dies zeigt, dass ein Fall, der im Serious Game behandelt wird, der Vorbereitung auf eine (schriftliche) OSCE-Prüfung dienen kann. Diese Beobachtung spricht für eine Übereinstimmungsvalidität von *EMERGE*.

In der vorliegenden Studie sollte *EMERGE* auf die Eigenschaften als potentielles Lehrinstrument im Rahmen einer ersten Machbarkeitsstudie untersucht werden. Dabei lag der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit auf der Untersuchung, ob deklaratives und Prozedurenwissen prinzipiell durch *EMERGE* vermittelbar sind und wie Studierende das Serious Game annehmen. Deshalb wurden wichtige, allgemeinchirurgischen Krankheitsbilder im Serious Game untersucht, die eine Aussage darüber erlauben, ob das Spiel in der Breite der chirurgischen Ausbildung eingesetzt werden kann oder nicht. Darüber hinaus wurde die Anzahl der eingebundenen Patientenfälle begrenzt, um eine relevante Gruppengröße bei 140 Probanden zu erhalten, die prinzipiell generalisierbare Aussagen zulassen würde. So musste eine Gruppengröße von über 90 erreicht werden, um mittelgroße Effekte im Vorher-Nachher-Vergleich detektieren zu können. Der Vergleich der Ergebnisse im OSCE zwischen Gruppen, die einen Sigmadivertikulitis-Fall bearbeitet haben oder nicht, benötigte eine Gruppengröße von 64 Probanden, die mit 70 Probanden je Vergleichsgruppe in unserer Studie erreicht werden konnte.

Es konnte gezeigt werden, dass *EMERGE* unter Berücksichtigung der gegebenen Limitationen der Studie prinzipiell in der Lage ist, deklaratives und Prozedurenwissen zu vermitteln und als potentielles Lehrinstrument in Frage kommt.

In nachfolgenden Studien gilt es, die genauen Mechanismen der Wissensvermittlung zu untersuchen. Zusätzlich sollte Ziel von Folgestudien sein, *EMERGE* als Lehrinstrument zu validieren [48]. Dabei sollte auch auf die Ergebnisse der vorliegenden Studie aufgebaut werden, die Indizien dafür liefert, dass der Einsatz von Serious Games besonders in der frühen Phase des klinischen Studienabschnitts erfolgsversprechend ist. In der Validierungsstudie sollte neben häufigen Krankheitsbildern auch solche verwendet werden, bei denen ein Deckungseffekt wahrscheinlich nicht vorhanden ist, oder die Prüfung so gestaltet werden, dass sie kleine Wissensunterschiede besser herausarbeitet. Besonders interessant wird sein, ob *EMERGE* eine positive Vorhersagevalidität aufweist, sodass der Einsatz als Prüfungsmedium wie bei anderen Serious Games [78] möglich wäre.

4.2.3 Bewertung der Studierende von EMERGE

Um die Akzeptanz der Studierenden hinsichtlich des Einsatzes von Serious Games in der medizinischen Ausbildung zu untersuchen, wurden die Impressionen der Studierenden nach Spielen des Serious Games mithilfe einer (forced-choice) 6-Punkt-Likert-Skala, die in früheren Studien schon zum Einsatz kam [55, 60, 79, 80], abgefragt. Die Auswertung zeigt, dass die Studierenden das Spiel sehr gut annehmen und der Einsatz des SG den Studierenden große Freude bereitet. Die Studierende haben das Gefühl, dass das Spiel ihnen wichtiges deklaratives und Prozedurenwissen vermittelt. Es bestätigt sich, dass das Spiel intuitiv gestaltet ist und einfach bedient werden kann. Des Weiteren wird die Bereitschaft signalisiert, *EMERGE* regelmäßig zu spielen. Es kann anekdotisch berichtet werden, dass viele Studienteilnehmer nach Spielen des Serious Games fragten, ob das Spiel auch online frei verfügbar wäre, sodass es zuhause nochmal gespielt werden könnte. Dies untermauert die insgesamt sehr positive Bewertung von *EMERGE*.

Es konnte eine signifikante inverse Korrelation zwischen Semesteranzahl und dem allgemeinen Eindruck von *EMERGE* gefunden werden. Diese besagt, dass mit steigender Semesteranzahl und korrespondierendem Studienfortschritt die positive Gesamtbewertung von *EMERGE* leicht zurück geht. Dies ist damit zu erklären, dass Studierende in fortgeschrittenen Studienabschnitt über ein umfangreicheres und detaillierteres deklaratives und Prozedurenwissen hinsichtlich der verwendeten Krankheitsbilder verfügen als Studierende in niedrigeren Semestern. Die weniger erfahreneren Studierenden lernen mehr dazu und empfinden das Spiel als gewinnbringender und lehrreicher als die erfahreneren Studierenden. Bei unerfahreneren Studierenden treten aufgrund des größeren Wissenszuwachses vermutlich vermehrt positive Leistungsemotionen auf, die einen positiven Gesamteindruck des Spiels erzeugen. Dies deckt sich mit Untersuchungen an der Harvard Medical School, die zeigen konnten, dass alternative Lehrmethoden für Studierende der Generation Y besonders große Lerneffekte unter weniger umfangreich vorbereiteten, schwächeren Studierenden und geringere bis keine positiven Effekte bei gut vorbereiteten, leistungsstarken Studierenden zur Folge hatten [81]. Diese Beobachtung, gepaart mit dem Ergebnis, dass der Zugewinn an Wissen bei Studierenden im frühen Studienabschnitt am ausgeprägtesten war, lässt den Schluss zu, dass der Einsatz von Serious Games besonders in frühen Semestern bei wenig erfahrenen Studierenden den größten Effekt hat. Diese Schlussfolgerung wird

durch Ergebnisse einer Meta-Analyse untermauert, die zeigen konnte, dass die Anwendung von Serious Games für nahezu alle Altersgruppen mit Ausnahme vom Erwachsenenalter vorteilhaft sind [40]. Da sich die Studierende während des Studiums im Übergang von der (Post-)Adoleszenz zum Erwachsenenalter befinden, kommt einer frühen Einbindung von Serious Games im Studium weitere Bedeutung zu. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass jetzige junge Erwachsene im Gegensatz zu vorhergehenden Generationen durch die Omnipräsenz und Nutzung von digitalen Medien in der Kindheit und Jugend geprägt wurden. Dies legt die Vermutung nahe, dass zukünftige Erwachsene ebenfalls guten Zugang zu Serious Games haben werden.

Eine genaue, tiefgehende Untersuchung der Gründe für die positiven Bewertungen und die Bereitschaft, das Spiel auch in der Freizeit spielen zu wollen, ist mit Hilfe der erhobenen Daten schwierig. Es ist bekannt, dass einige Faktoren für die Annahme eines Serious Games oder Videospieles im Unterricht durch die Lernenden von entscheidender Bedeutung sind. Dazu zählen unter anderem eine einfache Handhabung, das Verständnis für den Nutzen eines Spiels, die Lernmöglichkeiten oder die persönliche Vorerfahrung mit Videospiele [82], die jeweils Auswirkungen auf das Flow-Erlebnis haben können. Die einfache Bedienung und Steuerung ist essentiell für die *Videospiel-Selbstwirksamkeitserwartung* und den *Flow*, die ihrerseits bedeutende Faktoren für den Lernerfolg darstellen [83]. Flow stellt für Spieler einen erstrebenswerten, angenehmen Zustand dar, der durch ein optimales Verhältnis von Anforderung und Können bedingt und durch eine hohe Konzentration auf die Tätigkeit, Freude bei der Tätigkeit und eine Immersion mit begleitendem Verlust des Zeitgefühls charakterisiert ist [84]. Eine Hypothese ist, dass *EMERGE* in den relevanten Kategorien durch seine grafische wie spielmechanische Gestaltung überzeugt und bei Lernenden der Generation Y, die neuen Medien offen gegenüber stehen, oftmals das Flow-Erlebnis hervorrufen kann. Insbesondere werden dafür die computerspielerischen Elemente eines Serious Games als wichtig erachtet.

Herkömmliche Simulationen werden durch Lernende häufig genutzt, um bestimmte Fähigkeiten zu erlernen. Nach erfolgreichem Erlernen wird die Nutzung der Simulation hingegen wieder beendet [16]. Durch den Einbau von Computerspielelementen in Serious Games wie Level, Erfahrungspunkte, kompetitivem Vergleich mit anderen Spielern, Scoring-Systemen, Spielfortschritt, akustische Elemente oder schnelle Kameranäherungen soll das Spielen des Serious Games Spaß bereiten und zum

Weiterspielen motivieren. Dabei findet die Wissensvermittlung im „*Stealth Modus*“ statt, da der Lernende bzw. der Spieler sich unterbewusst wichtige Informationen und Fähigkeiten aneignet [38], ohne das Gefühl zu haben, aktiv zu lernen. Die Motivation zum erneuten Spielen wird durch verschiedene Faktoren wie der grafischen Darstellung des Spiels und der daraus resultierenden Immersion und Identifikation mit der Spielfigur, den im Spiel enthaltenen Aufgaben und Herausforderungen, das geforderte Skill-Niveau und den Flow beim Spielen des Serious Games beeinflusst [85-87].

Diese Hypothese, dass das Flow-Erlebnis die positive Bewertung des Spiels hervorruft, hätte durch die Beantwortung eines Flow-Fragebogens durch die Probanden untersucht werden können [83]. Die vorliegende Untersuchung konnte lediglich zeigen, dass eine signifikante Korrelation zwischen der Bewertung der Nutzerfreundlichkeit / Einfachheit der Benutzung und der Gesamtbewertung von *EMERGE* besteht. Eine mögliche Erklärung für diese Beobachtung ist, dass die Studierenden, die die Steuerung als einfach und intuitiv empfinden, beim Spielen den *Flow* erleben, der zu der positive Gesamtbewertung führt.

Unter jungen Krebspatienten konnte in einer randomisierten, multizentrischen Studie unter Einschluss von 375 Probanden gezeigt werden, dass das Spielen des Serious Games *Re-Mission* zu einer signifikant erhöhten Selbstwirksamkeitserwartung (Self-efficacy) und einem größeren Krankheitsverständnis führt [88]. In einer anschließenden Untersuchung mit Hilfe von fMRT-Aufnahmen konnte gezeigt werden, dass das aktive Spielen des SG *Re-Mission* im Gegensatz zum passiven Betrachten von Gameplay-Sequenzen mesolimbische und parahippocampale Neuronenkreise aktiviert und über die Interaktivität positive Emotionen und Einstellungen auch über einen längeren Zeitraum hervorruft und verstärkt. Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass der interaktive Charakter eines Spiels essentiell für die Aktivierung von Hirnarealen ist, die eine tragende Rolle im Belohnungssystem spielen [89]. Sie bieten die Möglichkeit, weitere Serious Games mit Rücksicht auf den interaktiven Charakter zu entwickeln. Dieser Aspekt kann auch bei der positiven Bewertung von *EMERGE* eine wichtige Rolle gespielt haben.

Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die positive Bewertung des Spiels durch die Probanden darauf zurückzuführen ist, dass es sich bei Serious Games um ein neues digitales Lernformat handelt und dadurch von der technikaffinen Generation Y besonders gut angenommen wird. In einer Umfrage unter 217 Medizinstudierenden

konnte gezeigt werden, dass die aktuelle Generation der Medizinstudierenden den Einsatz von neuen Medien und Videospiele in der Ausbildung befürwortet und unabhängig vom Spiel große Bereitschaft besteht, in der Freizeit Videospiele wie Serious Games zu nutzen, wenn die Studierenden dadurch wichtige Fähigkeiten erlernen können [90]. Die Hoffnung besteht, Studierende durch den Einsatz von Serious Games zum Interagieren anzuregen und die intrinsische Motivation zur Auseinandersetzung mit jeweiligen Lernunterlagen zu fördern. 20 bis 25% der Studierende engagieren sich nur gering im Unterricht. Serious Games haben durch ihre spielerischen Elemente das Potential, Engagement und Motivation dieser Studierenden auf ein höheres Niveau anzuheben [86].

Dies zeigt einerseits, dass Serious Games ein Lehrinstrument darstellen, welches gegebenenfalls aufgrund des computerspielerischen Charakters von der überwiegenden Mehrheit der aktuellen Studierenden gut angenommen wird. Andererseits zeigt es auch, dass Studierende in SG das Potential identifizieren, einen wichtigen Beitrag bei der Aneignung von Fähigkeiten und Fertigkeiten leisten zu können.

Neben der Bewertung der Bedienfreundlichkeit und der Gesamtbewertung von *EMERGE* wurde die Einstellung der Studierenden zum Thema *e-Learning* untersucht. Es zeigte sich, dass Lehrbücher als wichtigstes Medium durch e-Learning-Formate wie dem Lernprogramm AMBOSS abgelöst wurden. Diese Erkenntnis verdeutlicht die Bedeutung der Forschung an Lehrmethoden auf dem Gebiet des e-Learnings, da der Bedarf durch die Studierenden groß ist.

4.3 Limitationen der Studie

Zu beachten sind die potentiellen Limitationen der durchgeführten Studie, welche den Transfer unserer Ergebnisse auf andere Studien oder auf den Themenbereich Serious Games einschränken.

4.3.1 Fehlen einer Kontrollgruppe

Eine der größten Limitationen der Studie stellt das Fehlen einer Kontrollgruppe dar. Zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Studie gab es keine wissenschaftliche Untersuchung des Programms *EMERGE*, sodass im ersten Schritt untersucht werden sollte, ob *EMERGE* überhaupt die Fähigkeit besitzt, Wissen vermitteln zu können. Das Einführen einer Kontrollgruppe hätte erlaubt, deren Ergebnisse mit denen der

Interventionsgruppe zu vergleichen. Damit hätte untersucht werden können, ob die Intervention in Form des Serious Games tatsächlich verantwortlich für die Steigerung des deklarativen und Prozedurenwissens ist. Durch diese Limitation ist es nun nur möglich, einen Effekt zu beobachten, ohne mit Sicherheit bestimmt zu können, welcher Aspekt dem beobachtbaren Ergebnis kausal zugrunde liegt. So könnte der beobachtbare Zugewinn an deklarativem und Prozedurenwissen darauf zurückzuführen sein, dass die Fragen schon bekannt waren und zwischen Pre- und Posttest die Möglichkeit bestand, sich über die zuvor unsicher beantworteten Fragen Gedanken zu machen und der Pre-Test das Post-Test-Ergebnis beeinflusst hat. Daneben ist nicht auszuschließen, dass Verzerrungseffekte in Anlehnung an den Rosenthal-Effekt (Versuchsleiterartefakt) und den Hawthorne-Effekt aufgetreten sind und die Teilnehmer ihr Verhalten an das gewünschte Ergebnis angepasst haben.

4.3.2 Fehlen einer Randomisierung

Eine Limitation der Untersuchung stellt die fehlende Randomisierung auf die Arbeitsplätze dar. Die Teilnehmer verteilten sich selbstständig auf die jeweils vier verfügbaren Arbeitsplätze und wurden nicht durch eine vorher festgelegte Randomisierung den Arbeitsplätzen und damit den Untergruppen mit unterschiedlichen Fallkonstellationen zugewiesen. Dadurch kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Versuchsleiter Einfluss auf die Wahl der Arbeitsplätze genommen hat und die Ergebnisse dadurch beeinflusst wurden. Neben der Randomisierung auf die Arbeitsplätze fand aufgrund des Fehlens einer Kontrollgruppe ebenfalls keine Randomisierung auf Interventions- oder Kontrollgruppe statt. Es hat sich in Meta-Analysen gezeigt, dass der Effekt von Serious Games ohne Randomisierung zwar noch erkennbar und zu Gunsten der Serious Games vorliegt, jedoch bedeutend geringer ist als ohne Randomisierung [40].

4.3.3 Untersuchung des Spielverhaltens

Eine weitere Schwäche der Untersuchung ist, dass nicht differenziert werden kann, wodurch, insbesondere durch welche Spielelemente, der Wissenszuwachs bedingt wird. Es konnte keine Korrelation zwischen Spielperformance und Wissensstand oder -zuwachs gefunden werden. Zwar gibt es einen im Spiel enthaltenen Feedback-Mechanismus, welcher grob die Aktionen und Entscheidungen des Spielers bewertet und in Form eines formativen Assessments fungiert, jedoch spiegelt dieser nicht die

Kompetenzunterschiede, die mithilfe der MCQ- und KFQ-Fragen gemessen wurden, wider. Es kann also nicht ausgeschlossen werden, dass der beobachtete Lerneffekt lediglich durch das sich an das Spiel anschließende automatisch generierte Feedback bedingt wird. Es wäre eine Kontrollgruppe hilfreich gewesen, um den Effekt unterschiedlicher Spielbestandteile auf den Lernerfolg untersuchen zu können. Ziel von Serious Games-Entwicklungen muss es sein, dass Spielperformance und prüfbare Fertigkeiten und Fähigkeiten miteinander korrelieren, sodass Serious Games nicht nur ein Lehr- und Lerninstrument darstellen, sondern perspektivisch auch als Prüfungsmedium zum Einsatz kommen können [91, 92]. Im Spiel eignen sich dabei besonders formative Assessments, da diese als Spielelement in das Spiel selbst eingebaut werden können und als „*Stealth Assessment*“ unterschwellig den Lernerfolg und den Wissensstand des Spielenden erfassen. Formative Assessments messen dabei im Gegenteil zu summativen Assessments nicht nur den Lernerfolg, sondern unterstützen diesen. Dabei lenken sie nicht vom Spiel ab und ermöglichen einen ungestörten *Flow* [93].

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Einstellung der Studierenden gegenüber dem Spiel und ihre Motivation in Form einer 6-Punkt Likert-Skala abgefragt, jedoch wurden für den Lernerfolg und die Motivation bedeutende Faktoren wie *Flow* oder *Videospiel-Selbstwirksamkeitserwartung* (video game self-efficacy) nicht evaluiert. In Untersuchungen hat sich gezeigt, dass diese zwei Faktoren erheblichen Einfluss auf den Zuwachs von deklarativem Wissen haben und die intrinsische Motivation maßgeblich beeinflussen. Es gibt validierte Messinstrumente wie die „*Perceived Self-Efficacy Scale*“ nach Schwarzer zur Erhebung der Selbstwirksamkeitserwartung oder die „*Flow State Scale*“ nach Jackson & Marsh zur Messung des Flows während des Spielens [83]. Die Erhebung dieser Daten hätte interessante Einblicke in die Konzeption des Spiels *EMERGE* gegeben, die weitere Aussage über mögliche Stärken und Schwächen des Spieldesigns ermöglicht hätten. Je genauer das Spielverhalten entschlüsselt und analysiert werden kann, desto besser kann das Spiel an den Lernerfolg, den Spieler oder das gewünschte Ziel angepasst werden und das Lernen effektiver gestaltet werden [93].

4.3.4 Self-Selection Bias

Eine mögliche Stichprobenverzerrung ist durch die Selbstselektion der Teilnehmer nicht auszuschließen. Es ist anzunehmen, dass freiwillige Teilnehmer besonders an

dem Gegenstand der Untersuchung interessiert sind und im Vergleich zu weniger Interessierten eher teilnehmen. Damit verliert die Studie ihre Eigenschaft, die Ergebnisse auf die Gesamtheit der Medizinstudierenden übertragen zu können. Ein non-response-Bias (Schweigeverzerrung) kann dadurch nicht ausgeschlossen oder muss eventuell sogar angenommen werden. Dieser Effekt sagt aus, dass eine Umfrage unter Umständen ein anderes Ergebnis zur Folge hätte, wenn diejenigen (weniger interessierten) Studierenden, die nicht an der Umfrage teilgenommen haben, teilgenommen hätten. Es wäre jedoch ethisch nicht vertretbar gewesen, zufällig ausgewählte Studierende zur Teilnahme an der Studie zu verpflichten. Zukünftige Studien sollten untersuchen, wie sich die Akzeptanz unter weniger interessierten Studierenden gestaltet und wie sich möglicherweise geringeres Interesse an e-Learning generell und Serious Games speziell auf den Lernerfolg und die Effektivität von Serious Games im klinischen Unterricht auswirkt. Vor der Integration ins Curriculum, wodurch alle Studierende erreicht würden, müsste *EMERGE* jedoch auf seine Effektivität und Validität hinreichend untersucht werden.

4.3.5 Keine Untersuchung der Langzeiteffekte

Es ist umstritten, ob Serious Games im Vergleich mit anderen Lehrmethoden langfristige Lernerfolge über die Aktivierung von unterstützenden Emotionen [61] und anderen Aspekten vorweisen können oder nicht [62]. Da die vorliegende Untersuchung lediglich kurzfristige Effekte untersucht hat, ist kein Wissensgewinn über die Langzeiteffekte von Serious Games zu verzeichnen. Bei der verbesserten Ausbildung von Medizinstudierenden ist es jedoch besonders wichtig, dass die Fülle an Informationen nicht nur kurzfristig für Klausuren gelernt wird und abgerufen werden kann, sondern auch noch während der Zeit der praktischen Tätigkeit als Arzt Anwendung findet. Besonders vor dem Hintergrund von verdichteten Curricula und einer hohen Arbeitsbelastung der Studierenden ist es wichtig, Methoden zu etablieren, die den Zeitaufwand für Wiederholungen und Repetitorien minimieren können. Es ist jedoch wichtig zu bemerken, dass auch nach kurzen Simulations-Einheiten das Kompetenzlevel ansteigt. Die Dauer der suffizienten Retention von verschiedenen Kompetenzen hängt dabei von der initialen Trainingsdauer ab und erfordert je nach initialem Training eine Auffrischung zwischen 6 und 14 Monaten [94].

4.4 Aktuelle Serious Game Forschung

4.4.1 Untersuchungen zu EMERGE

Das verwendete Serious Game *EMERGE* stammt vom Entwickler PatientZero Games, einem in Hamburg ansässigen Entwicklerstudio, und simuliert eine Notaufnahme, in der virtuelle Patienten selbstständig behandelt werden müssen. Die Entwicklung des Spiels fand in enger Zusammenarbeit zwischen PatientZero Games und der Medizinischen Fakultät Göttingen statt. *EMERGE* bedient sich wichtiger computerspielerischer Elemente und bietet durch den Einsatz der modernen Entwicklungsumgebung Unity eine realistische Gestaltung der Spielwelt. Es ermöglicht durch ein klares und logisches Game-Design eine intuitive und einfache Bedienung, die für den *Flow* entscheidend ist.

Zum Zeitpunkt der Durchführung der vorliegenden Studie war noch keine Publikation über den Einsatz von *EMERGE* in der Ausbildung von Medizinstudierenden veröffentlicht worden.

Nach Beendigung der Studie erschien ein Paper der Göttinger Arbeitsgruppe um Prof. Raupach, der in die Erstellung und Konzeption des Spiels intensiv eingebunden war [35]. Die veröffentlichte Studie vergleicht den Einsatz von *EMERGE* als Lehrinstrument mit dem PBL-Unterricht unter Einschluss von 112 Medizinstudierenden und vergleicht anhand von Key Feature Questions und der Performance in einem abschließenden *EMERGE*-Spieldurchgang den Lerneffekt der verschiedenen Unterrichtsformate auf das Prozedurenwissen. Obwohl keine systematische Validierung des Spiels durch die Studie erfolgte, wie sie von einigen Autoren gefordert wird [48] und bei anderen Serious Games oder Immersiven Patientensimulatoren stattgefunden hat [50, 60, 79], können wichtige Schlüsse aus dieser prospektiven Studie gezogen werden: Die wichtigsten Ergebnisse sind, dass die Vorbereitung mit *EMERGE* im Vergleich mit dem PBL-Unterricht bei Fällen, die in beiden Gruppen besprochen wurden, gleichwertige Ergebnisse in den Key Feature Questions erkennen lässt. Es zeichnet sich also eine Nicht-Unterlegenheit von *EMERGE* im Gegensatz zu Kleingruppenunterricht im PBL-Format hinsichtlich des Prozedurenwissens ab. Ein großer Vorteil seitens des Serious Game ist, dass in gleicher Zeit deutlich mehr klinische Fallvignetten (40 Fälle) bearbeitet werden konnten, als es der Fall in der Kontrollgruppe mit PBL-Unterricht (5 Fälle) war. Aufgrund dieser vielversprechenden Ergebnisse muss untersucht werden, wie die zugrundeliegenden lernpsychologischen Prozesse durch das Spiel *EMERGE*

und Serious Games im Allgemeinen beeinflusst werden und die Veränderungen hinsichtlich der klinisch-relevanten Fähigkeiten zustande kommen.

Zudem zeigten sich in einer weiteren Untersuchung zur *EMERGE* Hinweise darauf, dass die durch das Spielen von *EMERGE* erworbenen Fähigkeiten im Bereich der klinischen Entscheidungsfindung nicht nur fallspezifisch zu sein scheinen, sondern auch auf ähnliche klinische Situationen übertragen werden können [95]. Dieses Ergebnis deckt sich ebenfalls in Teilen mit unseren Erkenntnissen bezüglich des Zugewinns an Prozedurenwissen.

EMERGE besitzt jedoch ein wichtiges Spielelement nicht, was für die Nutzung von Serious Games in der Hochschulausbildung von großer Bedeutung ist: Das Spiel ist nicht darauf reagiert, wie erfahren und ausgebildet der Anwender ist. Zwar gibt es verschiedene Fallvignetten, die unterschiedlich einfache oder komplexe Krankheitsbilder darstellen, jedoch sind diese Fälle im Vorhinein festgelegt und können nicht leistungsabhängig an den Spieler angepasst werden. Zwar gibt es das Abschluss-Feedback im Spiel, welches jedoch nur grob das Spielverhalten zusammenfassen kann und nicht in der Lage ist, geringe Kompetenzunterschiede herauszuarbeiten. Doch nur wenn die Herausforderungen des Spiels sich entlang der jeweiligen Kompetenzen orientieren und sich an die Fähigkeiten der Spieler anpassen können, können Spieler jeder Erfahrungsstufe effektiv mit Serious Games lernen. Um den Lernprozess möglichst ununterbrochen zu halten, sollte der Einsatz von „Stealth Assessments“ weiter ausgebaut werden [93] und der Anpassungsprozess der Schwierigkeit möglichst unschwellig erfolgen, damit das Flow-Erlebnis erhalten bleibt. Deswegen besteht der Bedarf an einer automatischen, spielinternen Möglichkeit der Schwierigkeitsanpassung, die auf dem Fundament einer spielinternen, genauen Analyse des Spielverhaltens beruht.

4.4.2 Entwicklung von Serious Games

EMERGE wird von PatientZero Games kommerziell entwickelt und vertrieben. Um die inhaltlich korrekte Ausgestaltung sicherstellen zu können, wurden erfahrene Mediziner in die Erstellung und Konzeption des SG eingebunden, die darüber hinaus über langjährige medizindidaktische Erfahrungen verfügen. Der Vorteil von kommerziellen Spielen ist es, dass diese oftmals ein weitaus höheres Budget für die Erstellung zur Verfügung haben und daraus resultierend aufwendigere und hochwertigere (grafische) Gestaltungen bieten können. Diese aufwendigere Gestaltung wird, da kommerziell

erhältliche Spiele größtenteils zur Freizeitgestaltung gespielt werden, von den Anwendern eingefordert. Der Einsatz von dafür notwendigen, fortschrittlichen Grafikengines wird unter anderem durch kostenintensive Lizenzvereinbarungen begleitet. Da die Gewinnoptimierung von kommerziellen Entwicklerstudios durch größtmögliche Absatzzahlen hohe Priorität hat, findet eine Konzentrierung auf Unterhaltungselemente statt. Zum Teil wird die Verwendung der gleichen Werkzeuge und Methoden, die in der Entwicklung von klassischen Videospiele zum Einsatz kommen, als schädlich für die Entwicklung von Serious Games angesehen, da dadurch der Fokus auf die Lernziele verloren gehen könnte [96]. Gleichwohl gibt es Untersuchungen, die zeigen, dass computerspielerische Elemente wie der Immersionsgrad, der zu großem Teil von der grafischen Ausgestaltung eines Spiels und damit mittelbar von dem zur Verfügung stehenden Budget abhängt, den Lernerfolg maßgeblich beeinflussen [86]. Gleichzeitig konnte eine Metaanalyse zeigen, dass photorealistische Darstellungen nicht zwingend notwendig für den Lernerfolg sind [40]. Daraus ergibt sich die Fragestellung, ob die Entwicklung von Serious Games, die Eingang in das Curriculum finden und der Ausbildung von zukünftigen Ärzten dienen sollen, in die Hand kommerzieller Entwicklerstudios gelegt werden soll. Die vollumfassende Entwicklung ausschließlich in der Verantwortung der Universitäten bringt jedoch ebenfalls Probleme mit sich: Universitäten stehen nur begrenzt Mittel zur Gestaltung der Lehre zur Verfügung. Eine alleinige Finanzierung eines Serious Games, welches professionell produziert ist, gestaltet sich aufgrund dessen als schwierig. Oftmals findet eine Erstellung des Serious Games unter der Prämisse der Kostenreduzierung in Eigenregie von einzelnen Verantwortlichen durch hohen zusätzlichen zeitlichen Beitrag statt. So wurde der mit *EMERGE* vergleichbarer IPS *ALICE* in circa 500 Arbeitsstunden und mit weniger als 1000 \$ erstellt, der von Hochschulen kostenfrei genutzt und erweitert werden kann [60].

Das Lernprogramm *ALICE*, welches in der chirurgischen Lehre an der Universität zu Köln etabliert ist, wurde in verschiedenen Studien hinsichtlich der Anwendungsmöglichkeiten, der Akzeptanz unter Studierenden und den unterschiedlichen Validitätsstufen überprüft. Die Autoren bezeichnen *ALICE* als Immersiven Patientensimulator. Jedoch sind zur Steigerung der Motivation wichtige computerspielerische Elemente wie ein Belohnungssystem oder eine Bestenliste in das Spiel implementiert [79], sodass *ALICE* auch zu der Gruppe der Serious Games gezählt werden kann. *ALICE* erlaubt dem Spieler, sich innerhalb einer

dreidimensionalen Umgebung in first-person-Perspektive frei durch eine Notfallambulanz zu bewegen und dabei mit virtuellen Patienten zu interagieren. Die Spieler empfangen die vorstelligen Patienten und wählen Diagnostik- und Therapiemethoden selbstständig aus. Dabei ist die Auswahl der Methode den Spielern selbst überlassen und nicht durch medizinische Indikationen limitiert. Der medizinische Inhalt kann einfach und beliebig umfangreich erweitert werden und deckte in den vorliegenden Studien onkologische und chirurgische Szenarien ab. *ALICE* wurde innerhalb von vier Studien [55, 60, 79, 80] mit Hilfe von insgesamt mehr als 250 Studierenden getestet und validiert. Ziel der Erstellung des IPS war es, eine alternative Lehrmethode für die Vermittlung von deklarativem und Prozedurenwissen zu kreieren, die frei und kostenlos verfügbar ist und deren medizinischer Inhalt unkompliziert erweiterbar ist [60]. Es zeigte sich, dass der Einsatz des Simulators in der chirurgischen Hauptvorlesung [80], als auch dessen Nutzung durch Einzelpersonen [55] einen signifikanten Lerneffekt in Hinblick auf deklaratives und Prozedurenwissen und somit auf den Clinical-Reasoning-Prozess hat. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass ein IPS wie *ALICE* als ein effektives Mittel zur Vorbereitung auf das im Medizinstudium weit verbreitete OSCE dienen kann [79]. Die Validierungsuntersuchungen ergaben, dass *ALICE* positive Inhalts-, Konstrukt-, Vorhersage- und Augenscheinvalidität besitzt [79] und damit als valides Lehrinstrument angesehen werden kann [48]. Somit ergibt sich die Anschlussfrage, ob die Konzeption und Realisierung der Programme überhaupt in Kooperation mit kommerziellen Anbietern bei vergleichbarem Lernerfolg stattfinden muss.

PatientZero Games bietet die Möglichkeit an, individuell gestaltbare Fallvignetten selbst dem Spiel auf einfache Weise hinzufügen zu können. Damit liegt die inhaltliche Gestaltung wieder in der Hand der zuständigen Hochschullehrer.

4.4.3 Serious Games als Prüfmedium

Neben dem Einsatz von Serious Games als Lehr- und Lernmethode, ist der Gebrauch der SG als Prüfungsinstrument von großer Bedeutung. Es wäre vorteilhaft, ein Prüfungsinstrument zur Verfügung zu haben, welches sicher und verlässlich ohne großen zeitlichen, personellen und finanziellen Aufwand zum Beispiel das ressourcenintensive OSCE-Prüfungsformat ersetzen könnte. Insbesondere vor dem Hintergrund des Modells des Constructive Alignment könnte der Einsatz von Serious Games als Lehr- und Prüfmedium den Lernerfolg verstärken [24]. Dazu bedarf es

eines verlässlichen, validen Scoring-System, welches Kompetenzunterschiede herausarbeiten und quantifizieren kann. Mit dem Serious Game *PediatricSim* konnte durch eine Arbeitsgruppe aus Saint Louis ein Instrument vorgestellt werden, welches nicht nur gut durch Medizinstudierende und Ärzte angenommen wird, sondern ebenfalls valide Wissens- und Kompetenzunterschiede durch ein gut funktionierendes Wertungssystem darstellen kann [78]. *PediatricSim* wurde wie *EMERGE* mit Hilfe der Unity-Umgebung entwickelt und soll der Erprobung und des Trainings von notfallmedizinischen Situationen in der Pädiatrie dienen. Der Spieler erlebt die Situationen aus der first-person-Perspektive und kann sich frei im dreidimensionalen Raum bewegen, mit dem er interagieren kann. *PediatricSim* wurde unter Einschluss von insgesamt 60 Studienteilnehmer (je 20 Studierende, Assistenzärzte und Fachärzte) untersucht. Die Studie bestand aus einem MCQ-Fragenteil mit anschließender Spieleinheit, wobei die Spielaktionen gespeichert und ausgewertet wurden. Neben den Ergebnissen wurde die Zufriedenheit der Studienteilnehmer mit dem Spiel gemessen. Hierbei zeigte sich, dass das Spiel gut bis sehr gut und vor allem unter jungen Teilnehmer mit weniger medizinischer Erfahrung besser angenommen wurde. Es zeigte sich darüber hinaus, dass größere medizinische Kompetenz, die unter Beachtung der Berufserfahrung und des Ergebnisses des vorangegangenen MCQ-Teils quantifiziert wurde, mit besseren Ergebnissen im Spiel einher geht. Dies belegt das Potential von Serious Games, als Prüfungselement dienen zu können. Im nächsten Schritt soll untersucht werden, ob das Serious Game nicht nur als Prüfungsinstrument zum Einsatz kommen soll, sondern ob das Spielen von *PediatricSim* auch mit einem Lerneffekt einhergeht.

Das in der vorliegenden Studie untersuchte Serious Game *EMERGE* verfügt ebenfalls über ein Scoring-System, mit dem es dem Spieler nach Abschluss aller Patientenfälle eine kurze Übersicht über die Leistung in Form von null bis drei Sternen gibt. Allerdings konnte in unseren Untersuchungen keine Korrelation zwischen Spielperformance und Leistungen in MCQ- oder KFQ-Fragen gefunden werden. Es gilt also, ein besseres, gegebenenfalls feineres Scoring-System zu entwickeln, welches die Leistungen und deren Unterschiede der Spieler wiedergeben kann und einen Rückschluss auf die Fähigkeiten der Spieler erlaubt. Aktuelle Erkenntnisse haben gezeigt, dass Serious Games das Potential besitzen, durch eine größere Verteilungsbreite der Testergebnisse Kompetenzunterschiede feiner herausarbeiten zu können [97].

Neben der alleinigen Vermittlung von deklarativem und Prozedurenwissen wird der Fokus, insbesondere der Novellierung des NKLMs folgend, vermehrt auf die Vermittlung der verschiedenen Kompetenzen und Arztrollen gelegt werden (Vergleiche Abbildung 3). Diese Lehrziele müssen in der Folge auch abprüfbar sein [98, 99]. Dabei müssen jedoch zunächst durchführbare, valide und verlässliche Prüfungsmethoden erarbeitet werden, um die verschiedenen Rollen abprüfen zu können [100, 101]. Die Rolle des Medizinischen Experten ist mit bisherigen Mess- und Prüfmethoden am besten zu beurteilen; die sechs weiteren, intrinsischen Rollen des CanMEDS-Modells lassen sich mit herkömmlichen Prüfungen und Messmethoden weniger gut beurteilen und stellen für Lernerfolgskontrollen eine Herausforderung dar [101, 102]. In ersten Studien konnten Simulationen und OSCEs dazu genutzt werden, die definierten Kompetenzen der einzelnen Rollen abzuprüfen [100, 102, 103]. Neben der Überprüfung zeigte sich der Einsatz von Serious Games in der Vermittlung der verschiedenen Arztrollen vielversprechend [104] und wird bereits im Studium der Pharmazie erfolgreich angewendet [105]. Es wird jedoch weitere Forschung benötigt, um zu evaluieren, welche CanMEDS-Rollen der Überprüfung und dem Training mittels SG besonders zugänglich sind und welche Rollen durch Serious Games lediglich suboptimal geschult und überprüft werden können.

4.5 Anschließende Fragestellungen

Trotz der Limitationen der Studie und der daraus resultierenden begrenzten Aussagekraft bietet die vorliegende Untersuchung die Möglichkeit, das Potential von Serious Games in der medizinischen Ausbildung und besonders in der chirurgischen Lehre zu erkennen. Es konnte ein signifikanter Zuwachs an deklarativem und Prozedurenwissen durch den Einsatz von *EMERGE* festgestellt werden. Der positive Eindruck der Studierenden unterstreicht zusätzlich zum Wissenszuwachs, dass es sich bei Serious Games um ein effektives, gut akzeptiertes Lehrmedium handelt, welches zukünftig an Bedeutung in der medizinischen Ausbildung gewinnen kann. Es werden durch den Einsatz von neuartigen Lehrmethoden, wie Serious Games es sind, die Bedürfnisse der Generation Y und Z berücksichtigt. Durch die gute Annahme des Lehrformats, die durch den Einsatz von Videospielelementen verstärkt wird, wird die intrinsische Motivation zum Spielen beziehungsweise Lernen verstärkt und der Lernerfolg unterstützt [83]. Durch die individuelle Anpassung des Schwierigkeitsgrads ist es möglich, dem Modell der Zone des proximalen Fortschritts zu folgen [6], und den

Lernerfolg mit adäquaten Scaffolding-Maßnahmen zu maximieren. Dabei erlauben Serious Games zeit- und ortunabhängiges, individuelles Lernen, wodurch dem Lernenden größere Autonomie und höhere Motivation zukommt [83]. Durch die Omnipräsenz der digitalen Medien schon im Kindesalter kann angenommen werden, dass zukünftige Nutzer keine größeren Probleme bei der Bedienbarkeit und Akzeptanz haben werden.

Ziel von zukünftigen Serious Game-Untersuchungen muss es sein, die dem Lernerfolg zugrundeliegenden Mechanismen genauer zu untersuchen, sodass die Serious Games und deren Einsatz evidenzbasiert an die jeweiligen Lernziele und Anforderungen angepasst und stetig weiterentwickelt werden können.

Aktuell ergeben sich jedoch Hinweise, dass bestehenden, digitalen Lehrangebote vor dem Hintergrund der im NKLM neu definierten Lernziele und den Herausforderungen im Rahmen der COVID-19-Pandemie die praktische Ausbildung am Krankenbett nicht vollständig ersetzen können [106], da den Lehrenden zum Beispiel die Möglichkeit fehlt, im Rahmen von persönlichen Interaktionen als Vorbild im Arzt-Patienten-Kontakt aufzutreten [107] und somit die Bildung einer professionellen Identität und eines Rollenbildes bei Medizinstudierenden unterstützen zu können [18].

Insgesamt zeigte sich, dass die COVID-19-Pandemie als Katalysator auch für Veränderungen in der Ausbildung von Medizinstudierenden wirkt und die stärkere Verbreitung und Nutzung von innovativen, digitalen, Internet-basierten Lehrmethoden begünstigt, deren Implementierung bislang tendenziell langsam verlief [107]. Es bleibt jedoch offen, inwieweit die Lehre nachhaltig durch die COVID-19-Pandemie verändert wird. Dies hängt unter anderem von der Dauer der Pandemie und der sozialen Distanzierungsmaßnahmen ab. Dabei ist anzunehmen, dass die neuen Lehrformate dann langfristig genutzt werden, je länger diese COVID-19-bedingt zum Einsatz kommen [108].

5 Zusammenfassung

Hintergrund: Serious Games geraten zunehmend in der Lehrforschung als auch in der täglichen Ausbildung von angehenden Ärzten in den Fokus der Aufmerksamkeit. Dabei bieten sie den Lernenden die Möglichkeit, sich in einem geschützten Umfeld ohne die Gefährdung von echten Patienten zeit- und ortsunabhängig Fähigkeiten und Fertigkeiten anzueignen. Noch ist die Anzahl an Serious Games, die den Anforderungen der Lernenden im Bereich des Spieldesigns und der Spielmechanik wie auch der medizinisch korrekten Darstellung gerecht werden, stark begrenzt. Daher ist die Datenlage zu der Effektivität von Serious Games in der medizinischen Lehre uneindeutig und bedarf weiterer Untersuchungen.

Zielsetzung: Ziel der vorliegenden Studie war es, das Serious Game „EMERGE“ hinsichtlich seines Nutzens in der Vermittlung von deklarativem und Prozedurenwissen sowie der Annahme durch die Studierenden im Rahmen einer ersten Machbarkeitsstudie zu evaluieren.

Methode: Die vorliegende nicht-randomisierte Studie wurde an der Abteilung für Allgemein-, Viszeral- und Tumorchirurgie des Universitätsklinikums Köln durchgeführt. Insgesamt nahmen 140 Medizinstudenten im klinischen Teil ihrer Ausbildung (5. bis 12. Semester) an dieser experimentellen Studie auf freiwilliger Basis teil. Deklaratives Wissen (gemessen mit 20 Multiple-Choice-Fragen) und Prozedurenwissen (gemessen mit schriftlichen Fragen aus einer objektiv strukturierten klinischen Untersuchungsstation) wurden vor und nach der Arbeit mit *EMERGE* bewertet. Der Eindruck der Schüler über die Wirksamkeit und Anwendbarkeit von *EMERGE* wurde auf einer 6-Punkte-Likert-Skala gemessen.

Ergebnisse: Ein Pretest-Posttest-Vergleich ergab einen signifikanten Anstieg des deklarativen Wissens. Der Prozentsatz der korrekten Antworten auf Multiple-Choice-Fragen stieg von vorher (Mittelwert 60,4, SD 16,6) auf nachher (Mittelwert 76,0, SD 11,6) durch das Spielen von *EMERGE* ($P < .001$). Der Effekt auf das deklarative Wissen war bei Studierenden in niedrigeren Semestern größer als bei Studierenden in höheren Semestern ($P < .001$). Darüber hinaus war der Gesamteindruck der Studenten von *EMERGE* positiv.

Schlussfolgerung: *EMERGE* hat das Potential, das deklarative und Prozedurenwissen bei Studierenden signifikant anzuheben und kann als Ergänzung zum herkömmlichen medizinischen Unterricht in Betracht gezogen werden.

6 Literaturverzeichnis

1. Densen, P., *Challenges and Opportunities Facing Medical Education*. Transactions of the American Clinical and Climatological Association, 2011. **122**: p. 48-58.
2. *Approbationsordnung für Ärzte vom 27. Juni 2002 (BGBl. I S. 2405), die zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2581) geändert worden ist*.
3. Ozuah, P.O., *Undergraduate medical education: Thoughts on future challenges*. BMC Medical Education, 2002. **2**: p. 8.
4. MFT Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. and GMA Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V., *Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM)*. 2015, MFT Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e. V.: Berlin.
5. Ausubel, D., J. Novak, and H. Hanesian, *Educational Psychology: A Cognitive View*. 2nd ed. 1978, New York: Holt, Rinehart & Winston.
6. Vygotsky, L.S., *Interaction between Learning and Development*. Readings on the Development of Children, 1978. **23**(3): p. 34-41.
7. Pekrun, R., *A Social-Cognitive, Control-Value Theory of Achievement Emotions*, in *Motivational Psychology of Human Development - Developing Motivation and Motivating Development*. 2000. p. 143-163.
8. Chi, M.T.H., et al., *Translating the ICAP Theory of Cognitive Engagement Into Practice*. Cogn Sci, 2018.
9. Chi, M.T.H. and R. Wylie, *The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes*. Educational Psychologist, 2014. **49**(4): p. 219-243.
10. Bonk, C.J. and C.R. Graham, *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*. 2006, John Wiley & Sons: San Francisco.
11. Phitayakorn, R., et al., *WISE-MD usage among millennial medical students*. Am J Surg, 2015. **209**(1): p. 152-7.
12. Baepler, P., J.D. Walker, and M. Driessen, *It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms*. Computers & Education, 2014. **78**: p. 227-236.

13. Lage, M.J., G.J. Platt, and M. Treglia, *Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment*. Journal of Economic Education, 2000. **31**(1): p. 30-43.
14. Wun, Y.T., et al., *PBL curriculum improves medical students' participation in small-group tutorials*. Med Teach, 2007. **29**(6): p. e198-203.
15. Kurup, V. and D. Hersey, *The changing landscape of anesthesia education: is Flipped Classroom the answer?* Curr Opin Anaesthesiol, 2013. **26**(6): p. 726-31.
16. Dankbaar, M.E.W., et al., *Preparing Residents Effectively in Emergency Skills Training With a Serious Game*. Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare, 2016. **12**(1): p. 9-16.
17. Deutsche Hochschulmedizin e.V., *Covid-19-Empfehlungen DHM zum Medizinstudium*. 2020.
18. Rose, S., *Medical Student Education in the Time of COVID-19*. JAMA, 2020. **323**(21): p. 2131-2132.
19. Hilburg, R., et al., *Medical Education During the Coronavirus Disease-2019 Pandemic: Learning From a Distance*. Adv Chronic Kidney Dis, 2020. **27**(5): p. 412-417.
20. Deutsche Hochschulmedizin e.V., *Covid-19-Empfehlungen DHM III zum Medizinstudium*. 2020.
21. König, J. and S. Blömeke, *Pädagogisches Wissen von angehenden Lehrkräften*. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, 2009. **12**: p. 499-527.
22. Miller, G.E., *The Assessment of Clinical Skills/Competence/Performance*. Academic Medicine, 1990. **65**.
23. MFT Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. and GMA Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V., *II. Entwicklungsprozess und Katalogstruktur, in Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin 2.0*. 2021, Medizinischer Fakultätentag: Berlin.
24. Biggs, J., *Enhancing Teaching through Constructive Alignment*. Higher Education, 1996. **32**: p. 347-364.
25. Amboss. *Statistik M2 Examensvorbereitung*. 2019 [cited 2019 23.03.2019]; Available from: <https://www.amboss.com/de/examen-m2-m3>.
26. Prunuske, A.J., et al., *Using online lectures to make time for active learning*. Genetics, 2012. **192**(1): p. 67-72; quiz 1S1-3SL.

27. Kleinert, R., et al., *3D immersive patient simulators and their impact on learning success: a thematic review*. J Med Internet Res, 2015. **17**(4): p. e91.
28. Marwan, Y., et al., *Are medical students accepted by patients in teaching Hospitals?* Medical Education Online, 2012. **17**(1).
29. Chipp, E., S. Stoneley, and K. Cooper, *Clinical placements for medical students: factors affecting patients' involvement in medical education*. Med Teach, 2004. **26**(2): p. 114-9.
30. Segarra, L.M., et al., *Der Einsatz von medizinischen Trainingszentren für die Ausbildung zum Arzt in Deutschland, Österreich und der deutschsprachigen Schweiz*. GMS Zeitschrift für Medizinische Ausbildung, 2008. **25**(2).
31. Remmen, R., et al., *Can medical schools rely on clerkships to train students in basic clinical skills?* Medical Education, 1999. **33**: p. 600-5.
32. Cleland, J.A., K. Abe, and J.J. Rethans, *The use of simulated patients in medical education: AMEE Guide No 42*. Med Teach, 2009. **31**(6): p. 477-86.
33. World Health Organization, *Transforming and scaling up health professionals' education and training - World Health Organization Guidelines 2013*. 2013.
34. Wissenschaftsrat, *Neustrukturierung des Medizinstudiums und Änderung der Approbationsordnung für Ärzte - Empfehlungen der Expertenkommission zum Masterplan Medizinstudium 2020*. 2018: Köln.
35. Middeke, A., et al., *Training of clinical reasoning with a Serious Game versus small-group problem-based learning: A prospective study*. PLoS One, 2018. **13**(9): p. e0203851.
36. Lampert, C., C. Schwinge, and D. Tolks, *Der gespielte Ernst des Lebens: Bestandsaufnahme und Potenziale von Serious Games (for Health)*. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 2009. **15/16**.
37. Deterding, K., Nacke, Dixon, *Gamification: Towards a definition*. 2011.
38. Graafland, M., J.M. Schraagen, and M.P. Schijven, *Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training*. Br J Surg, 2012. **99**(10): p. 1322-30.
39. Reese, C.E., P.R. Jeffries, and S.A. Engum, *Learning together: Using Simulations to Develop Nursing and Medical Student Collaboration*. Nursing Education Perspectives, 2010. **31**(1): p. 33-37.
40. Wouters, P., et al., *A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games*. Journal of Educational Psychology, 2013. **105**(2): p. 249-265.

41. Knight, J.F., et al., *Serious gaming technology in major incident triage training: a pragmatic controlled trial*. Resuscitation, 2010. **81**(9): p. 1175-9.
42. Gillett, B., et al., *Simulation in a disaster drill: comparison of high-fidelity simulators versus trained actors*. Acad Emerg Med, 2008. **15**(11): p. 1144-51.
43. Grantcharov, T.P. and R.K. Reznick, *Teaching Rounds: Teaching Procedural Skills*. BMJ, 2008. **336**(7653): p. 1129-31.
44. Aggarwal, R., T.P. Grantcharov, and A. Darzi, *Framework for systematic training and assessment of technical skills*. J Am Coll Surg, 2007. **204**(4): p. 697-705.
45. O'Flaherty, J. and C. Phillips, *The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review*. The Internet and Higher Education, 2015. **25**: p. 85-95.
46. Dev, P., W.L. Heinrichs, and P.Y. Youngblood, *CliniSpace™: A Multiperson 3D Online Immersive Training Environment Accessible through a Browser*, in *Medicine Meets Virtual Reality 18: NextMed*, J.D. Westwood, Editor. 2011, IOS Press.
47. Boyle, E., T.M. Connolly, and T. Hailey, *The role of psychology in understanding the impact of computer games*. Entertainment Computing, 2011. **2**(2): p. 69-74.
48. Graafland, M., et al., *How to systematically assess serious games applied to health care*. JMIR Serious Games, 2014. **2**(2): p. e11.
49. Gentry, S.V., et al., *Serious Gaming and Gamification Education in Health Professions: Systematic Review*. J Med Internet Res, 2019. **21**(3): p. e12994.
50. Haubruck, P., et al., *Evaluation of App-Based Serious Gaming as a Training Method in Teaching Chest Tube Insertion to Medical Students: Randomized Controlled Trial*. J Med Internet Res, 2018. **20**(5): p. e195.
51. Bowen, J.L., *Educational Strategies to Promote Clinical Diagnostic Reasoning*. N Engl J Med, 2006. **355**(21): p. 2217-25.
52. Giessen, H.W., *Serious Games Effects: An Overview*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2015. **174**: p. 2240-2244.
53. Kleinert, R., et al., *Generation Y and surgical residency - Passing the baton or the end of the world as we know it? Results from a survey among medical students in Germany*. PLoS One, 2017. **12**(11).
54. Kadmon, M., et al., *[Competency-based medical education: National Catalogue of Learning Objectives in surgery]*. Chirurg, 2013. **84**(4): p. 277-85.

55. Kleinert, R., et al., *Web-Based Immersive Virtual Patient Simulators: Positive Effect on Clinical Reasoning in Medical Education*. J Med Internet Res, 2015. **17**(11): p. e263.
56. Galetin, T., et al., *Systematic review and comparison of national and international guidelines on diverticular disease*. Int J Colorectal Dis, 2018. **33**(3): p. 261-272.
57. Tilsed, J.V., et al., *ESTES guidelines: acute mesenteric ischaemia*. Eur J Trauma Emerg Surg, 2016. **42**(2): p. 253-70.
58. Yoon, J., et al., *A need to reconsider guidelines on management of primary spontaneous pneumothorax?* Int J Emerg Med, 2017. **10**(1): p. 9.
59. Wood, J.C. and M.C. Wood, *Joseph M. Juran: Critical Evaluations in Business and Management*. 2005: Routledge.
60. Kleinert, R., et al., *Design, Realization, and First Validation of an Immersive Web-Based Virtual Patient Simulator for Training Clinical Decisions in Surgery*. J Surg Educ, 2015. **72**(6): p. 1131-8.
61. Dondlinger, M.J., *Educational Video Game Design: A Review of the Literature*. Journal of Applied Educational Technology, 2007. **4** (1): p. 21–31.
62. Boyle, E.A., et al., *An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games*. Computers & Education, 2016. **94**: p. 178-192.
63. Wang, R., et al., *A Systematic Review of Serious Games in Training Health Care Professionals*. Simul Healthc, 2016. **11**(1): p. 41-51.
64. Page, G., G. Bordage, and T. Allen, *Developing Key-feature Problems and Examinations to Assess Clinical Decision-making Skills*. Academic Medicine, 1995. **70**(3): p. 194-201.
65. Kopp V, M.I.A., Fischer MR, *Key-Feature-Probleme zum Prüfen von prozeduralem Wissen: Ein Praxisleitfaden*. GMS Z Med Ausbild., 2006.
66. Romero, M., M. Usart, and M. Ott, *Can Serious Games Contribute to Developing and Sustaining 21st Century Skills?* Games and Culture, 2014. **10**(2): p. 148-177.
67. Lanea, H.C., et al. *Coaching Intercultural Communication in a Serious Game*. in *16th International Conference on Computers in Education*. 2008. Taipei, Taiwan.

68. Mews, C., et al., *Cultural Competence and Global Health: Perspectives for Medical Education – Position paper of the GMA Committee on Cultural Competence and Global Health*. *GMS Journal for Medical Education*, 2018. **35**(3).
69. Lichtenstein, N.V., et al., *Does teaching social and communicative competences influence dental students' attitudes towards learning communication skills? A comparison between two dental schools in Germany*. *GMS Journal for Medical Education*, 2018. **35**(2).
70. Belland, B.R., *Scaffolding: Definition, Current Debates, and Future Directions*, in *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, J.M. Spector, et al., Editors. 2014, Springer New York: New York, NY. p. 505-518.
71. Reiser, B.J., *Scaffolding Complex Learning: The Mechanisms of Structuring and Problematizing Student Work*. *Journal of the Learning Sciences*, 2004. **13**(3): p. 273-304.
72. Barzilai, S. and I. Blau, *Scaffolding game-based learning: Impact on learning achievements, perceived learning, and game experiences*. *Computers & Education*, 2014. **70**: p. 65-79.
73. Chen, C.-H. and V. Law, *Scaffolding individual and collaborative game-based learning in learning performance and intrinsic motivation*. *Computers in Human Behavior*, 2016. **55**: p. 1201-1212.
74. McGaghie, W.C., et al., *Does simulation-based medical education with deliberate practice yield better results than traditional clinical education? A meta-analytic comparative review of the evidence*. *Acad Med*, 2011. **86**(6): p. 706-11.
75. Cook, D.A., et al., *Technology-Enhanced Simulation for Health Professions Education*. *Journal of American Medical Association*, 2011. **306**(9): p. 978-88.
76. Ziv, A., et al., *Simulation-Based Medical Education: An Ethical Imperative*. *Academic Medicine*, 2003. **78**(8): p. 783-8.
77. Mohan, D., et al., *Serious games may improve physician heuristics in trauma triage*. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2018. **115**(37): p. 9204-9209.
78. Gerard, J.M., et al., *Validity Evidence for a Serious Game to Assess Performance on Critical Pediatric Emergency Medicine Scenarios*. *Simul Healthc*, 2018. **13**(3): p. 168-180.

79. Chon, S.-H., 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).
80. Kleinert, R., et al., *Embedding a Virtual Patient Simulator in an Interactive Surgical lecture*. J Surg Educ, 2016. **73**(3): p. 433-41.
81. Nalliah, R.P. and V. Allareddy, *Weakest students benefit most from a customized educational experience for Generation Y students*. PeerJ, 2014. **2**: p. e682.
82. Bourgonjon, J., et al., *Students' perceptions about the use of video games in the classroom*. Computers & Education, 2010. **54**(4): p. 1145-1156.
83. Pavlas, D., et al. *Game-based Learning: The Impact of Flow State and Videogame Self- efficacy*. in *54th Human Factors and Ergonomics Society annual meeting*. 2010. San Francisco, USA.
84. Csikszentmihalyi, M., *Flow: The Psychology of optimal experience*. 1990, New York: Harper & Row.
85. Bredl, K., et al., *The Avatar as a Knowledge Worker? How Immersive 3D Virtual Environments may Foster Knowledge Acquisition*. Electronic Journal of Knowledge Management, 2012. **10**(1): p. 15-25.
86. Hamari, J., et al., *Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning*. Computers in Human Behavior, 2016. **54**: p. 170-179.
87. Gutiérrez, F., et al., *The Effect of Degree of Immersion upon Learning Performance in Virtual Reality Simulations for Medical Education*, in *Medicine Meets Virtual Reality 15: In Vivo, in Vitro, in Silico: Designing the Next in Medicine (Studies in Health Technology and Informatics)*, J.D. Westwood, Editor. 2007, Amsterdam ; Washington, DC : IOS Press, c2007.
88. Kato, P.M., et al., *A video game improves behavioral outcomes in adolescents and young adults with cancer: a randomized trial*. Pediatrics, 2008. **122**(2): p. e305-17.
89. Cole, S.W., D.J. Yoo, and B. Knutson, *Interactivity and Reward-Related Neural Activation during a Serious Videogame*. PLoS ONE, 2012. **7**(3).
90. Kron, F.W., et al., *Medical student attitudes toward video games and related new media technologies in medical education*. BMC Medical Education, 2010. **10:50**.

91. Bellotti, F., et al., *Assessment in and of Serious Games: An Overview*. Advances in Human-Computer Interaction, 2013. **2013**: p. 1-11.
92. Greitzer, F.L., O.A. Kuchar, and K. Huston, *Cognitive science implications for enhancing training effectiveness in a serious gaming context*. Journal on Educational Resources in Computing, 2007. **7**(3): p. 2-es.
93. Shute, V.J., et al., *Melding the Power of Serious Games and Embedded Assessment to Monitor and Foster Learning*, in *Serious Games: Mechanisms and Effects*, U. Ritterfeld, M. Cody, and P. Vorderer, Editors. 2009, Routledge: New York.
94. Braun, L., et al., *Retention of pediatric resuscitation performance after a simulation-based mastery learning session: a multicenter randomized trial*. Pediatr Crit Care Med, 2015. **16**(2): p. 131-8.
95. Middeke, A., et al., *Transfer of Clinical Reasoning Trained With a Serious Game to Comparable Clinical Problems: A Prospective Randomized Study*. Simul Healthc, 2020. **15**(2): p. 75-81.
96. Nadolski, R.J., et al., *EMERGO: A methodology and toolkit for developing serious games in higher education*. Simulation & Gaming, 2007. **39**(3): p. 338-352.
97. Adjedj, J., et al., *Medical Student Evaluation With a Serious Game Compared to Multiple Choice Questions Assessment*. JMIR Serious Games, 2017. **5**(2): p. e11.
98. Frank, J.R., *The CanMEDS 2005 physician competency framework. Better standards. Better physicians. Better care*. 2005, Ottawa: The Royal College of Physicians and Surgeons of Canada.
99. Frank JR, S.L., Sherbino J., *CanMEDS 2015 Physician Competency Framework*. 2015, Ottawa: Royal College of Physicians and Surgeons of Canada.
100. Kassam, A., M. Cowan, and T. Donnon, *An objective structured clinical exam to measure intrinsic CanMEDS roles*. Medical Education Online, 2016. **21**(1).
101. Chou, S., et al., *CanMEDS evaluation in Canadian postgraduate training programmes: tools used and programme director satisfaction*. Med Educ, 2008. **42**(9): p. 879-86.
102. Neira, V.M., et al., *"GIOSAT": a tool to assess CanMEDS competencies during simulated crises*. Can J Anaesth, 2013. **60**(3): p. 280-9.

103. Nguyen, L.N., et al., *Development and incorporation of hybrid simulation OSCE into in-training examinations to assess multiple CanMEDS competencies in urologic trainees*. *Can Urol Assoc J*, 2015. **9**(1-2): p. 32-6.
104. Busari, J.O., H. Yaldiz, and D. Verstegen, *Serious games as an educational strategy for management and leadership development in postgraduate medical education - an exploratory inquiry*. *Adv Med Educ Pract*, 2018. **9**: p. 571-579.
105. Fens, T., C.M. Dantuma-Wering, and K. Taxis, *The Pharmacy Game-GIMMICS((R)) a Simulation Game for Competency-Based Education*. *Pharmacy (Basel)*, 2020. **8**(4).
106. Deutsche Hochschulmedizin e.V., *Covid-19-Empfehlungen DHM V zu Forschung und Studium*. 2020.
107. Torda, A., *How COVID-19 has pushed us into a medical education revolution*. *Intern Med J*, 2020. **50**(9): p. 1150-1153.
108. Goh, P.-S. and J. Sandars, *A vision of the use of technology in medical education after the COVID-19 pandemic*. *MedEdPublish*, 2020. **9**(1).

7 Abkürzungsverzeichnis

COVID-19	– Coronavirus-Krankheit 2019
CR	– Clinical Reasoning
NKLM	– Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog
IPS	– Immersiver Patientensimulator
SG	– Serious Game
WHO	– Weltgesundheitsorganisation

8 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 ZONE DES PROXIMALEN FORTSCHRITTS	10
ABBILDUNG 2 ICAP-HYPOTHESE.....	11
ABBILDUNG 3 CANMEDS-FRAMEWORK	14
ABBILDUNG 4 SAMPLE SCREENSHOTS OF EMERGE: STUDENTS CAN FREELY INTERACT WITH THE ENVIRONMENT.	26
ABBILDUNG 5 TESTING DECLARATIVE AND PROCEDURAL KNOWLEDGE BEFORE AND AFTER WORKING WITH EMERGE.	29
ABBILDUNG 6 PERCENT OF CORRECT ANSWERS BY SEMESTER BEFORE AND AFTER PLAYING EMERGE. ERROR BARS REPRESENT 95%-CI OF THE MEAN; PY = PRACTICAL YEAR (11 TH AND 12 TH SEMESTER)...	33

9 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1 DEMOGRAPHIC INFORMATION ABOUT STUDENTS WHO PLAYED EMERGE.....	24
TABELLE 2 COMBINATION OF THE DIFFERENT CLINICAL CASES IN THE FOUR GROUPS.....	28
TABELLE 3 DESCRIPTIVE RESULTS OF OSCE BEFORE AND AFTER PLAYING EMERGE FOR STUDENTS WHO WERE PRESENTED WITH A SIGMOID CASE DURING EMERGE AND STUDENTS WHO WERE NOT PRESENTED WITH A SIGMOID CASE. SIGMOID DIVERTICULITIS (SD).....	34
TABELLE 4 MEAN RATINGS OF THE EXPERIENCE OF USING EMERGE (RANGING FROM: 1 = FULLY AGREE TO 6 = FULLY DISAGREE).	37
TABELLE 5 CORRELATIONS (KENDALL'S T) BETWEEN SEMESTER AND MEAN RATINGS OF EMERGE * P < .05 ** P < .001.	38

10 Vorabveröffentlichungen

Chon SH, Hilgers S, Timmermann F, Dratsch T, Plum PS, Berlth F, Datta R, Alakus H, Schlößer HA, Schramm C, Pinto dos Santos D, Bruns C, Kleinert R
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
URL: <http://games.jmir.org/2018/3/e10693/>
doi:[10.2196/10693](https://doi.org/10.2196/10693)
PMID:[29973333](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29973333/)

Chon SH, Timmermann F, Dratsch T, Schuelper N, Plum P, Berlth F, Datta RR, Schramm C, Haneder S, Späth MR, Dübbers M, Kleinert J, Raupach T, Bruns C, Kleinert R

Serious Games in Surgical Medical Education: A Virtual Emergency Department as a Tool for Teaching Clinical Reasoning to Medical Students

JMIR Serious Games 2019;7(1):e13028

URL: <http://games.jmir.org/2019/1/e13028/>

doi:[10.2196/13028](https://doi.org/10.2196/13028)

Datta R, Chon S-H, Dratsch T, Timmermann F, Müller L, Plum PS, et al. (2020) *Are gamers better laparoscopic surgeons? Impact of gaming skills on laparoscopic performance in "Generation Y" students*. PLoS ONE 15(8): e0232341.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232341>