

Aus dem Institut für Didaktik und Ausbildungsforschung in der Medizin
Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Martin R. Fischer, MME (Bern)

**Nexus virtueller Fallsimulationen, kognitiver Belastung, Emotionen sowie Motivation
Medizinstudierender**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnmedizin

vorgelegt von
Regina Schönberger

aus
München

2019

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Martin Fischer
Mitberichterstatterin: Prof. Dr. Karin Meißner
Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: PD Dr. phil. Jan Kieseletter
Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel
Tag der mündlichen Prüfung: 19.11.2019

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht in:

Schoenberger, R., Jung V., Sailer M., Zottmann, J., Fischer F., Fischer M.R., Kiesewetter J.: Emotions of Medical Students When Learning with Virtual Patients. Poster at the European Diagnostic Error in Medicine Conference in Bern, Switzerland, 30.-31.08.2018.

Jung, V., Schönberger, R., Sailer, M., Bauer E., Fischer F., Fischer M.R., Kiesewetter J.: Der Effekt von Vorwissen und Falldarbietungsformat auf die Diagnoserichtigkeit und den prozeduralen Wissenserwerb Medizinstudierender. Presentation at the Conference of the German Medical Education Association in Vienna, Austria, 19.-22.09.2018.

Kiesewetter, J., Jung V., Sailer, M., Schoenberger R., Bauer E., Zottmann J., Hege I., Fischer F. & Fischer M.R.: Fostering diagnostic competence with whole cases vs. serial cue cases: Effects of trial case vs. serial cue on learning process and outcomes. Research Paper at the Association of Medical Education Conference in Basel, Switzerland, 25.-29.08.2018

Danksagung

Außerordentlichen Dank möchte ich Dr. Jan Kiesewetter aussprechen, der mich während meiner Dissertation unterstützt hat und mich stets mit sehr großem Engagement begleitet hat.

Ganz herzlich möchte ich mich auch bei meinem Doktorvater, dem Direktor des Instituts für Didaktik und Ausbildungsforschung in der Medizin der Ludwig-Maximilians-Universität München, Herrn Prof. Dr. Martin Fischer, MME (Bern) für seine Unterstützung bedanken.

Allen Medizinstudierenden, die Zeit und Engagement in die Bearbeitung der Fallsimulationen gesteckt haben, gilt mein besonderer Dank.

Zusätzlich möchte ich mich ganz herzlich bei den Mitarbeitern der Chirurgischen Klinik bedanken, die uns für die Datenerhebung Räumlichkeiten zur Verfügung gestellt und uns in technischen Fragen stets unterstützt haben.

Abschließend möchte ich meiner Familie danken, die mich immer bedingungslos begleitet hat.

Inhalt

1.	Zusammenfassung.....	3
1.1	Zusammenfassung.....	3
1.2	Summary.....	5
2.	Einleitung.....	7
2.1	Förderung der Entwicklung von Diagnosekompetenzen in der medizinischen Lehre.....	7
2.2	Die Cognitive Load Theorie nach Sweller.....	9
2.3	Emotion und Motivation in Korrelation mit dem Leistungserfolg.....	11
2.4	Whole Case versus Serial Cue Format.....	13
2.5	Umsetzung der Förderung von Diagnosekompetenzen in der medizinischen Ausbildung.....	13
3.	Zielsetzung.....	14
3.1	Fragestellungen zu Cognitive Load bei Medizinstudierenden.....	14
3.2	Fragestellungen zur Motivation bei Medizinstudierenden.....	17
3.3	Fragestellung zu Emotionen bei Medizinstudierenden.....	18
4.	Methoden.....	20
4.1	Genehmigung durch die Ethikkommission.....	20
4.2	Stichprobe.....	20
4.2.1	Zusammensetzung der Medizinstudierenden.....	20
4.2.2	Akquise der Medizinstudierenden.....	20
4.3	Studiendesign.....	21
4.3.1	Didaktischer Aufbau der Durchführung.....	21
4.3.2	Die Fallsimulationen.....	24
4.3.3	Expertenevaluation.....	29
4.3.4	Messinstrumente.....	29
4.3.5	Durchführung.....	30
4.4	Datenaufbereitung und statistische Analyse.....	32
5.	Ergebnisse.....	33
5.1	Analyse der Stichprobe.....	33
5.2	Deskriptive Daten.....	33
5.3	Einfluss der Kontrollvariablen auf den Cognitive Load der Medizinstudierenden.....	34
5.4	Bildung des Mediansplits.....	35
5.4.1	Bildung des Mediansplits des Vorwissens.....	35
5.4.2	Bildung des Mediansplits der Diagnoserichtigkeit.....	35
5.5	Ergebnisse zum Cognitive Load der Medizinstudierenden.....	35
5.5.1	Ergebnisse zu Intrinsic Cognitive Load.....	35
5.5.2	Ergebnisse zu Extraneous Cognitive Load.....	37

5.5.3 Ergebnisse zu Germane Cognitive Load.....	40
5.6 Wechselwirkung zwischen Motivation der Medizinstudierenden und Diagnoserichtigkeit, Bearbeitungszeit und Cognitive Load	42
5.7 Wechselwirkung zwischen Emotion der Medizinstudierenden sowie Diagnoserichtigkeit und Bearbeitungszeit	44
6. Diskussion der Ergebnisse.....	47
6.1 Diskussion der Ergebnisse zu Intrinsic Cognitive Load.....	47
6.2 Diskussion der Ergebnisse zu Extraneous Cognitive Load.....	48
6.3 Diskussion der Ergebnisse zu Germane Cognitive Load.....	50
6.4 Diskussion der Ergebnisse zu Motivation	51
6.5 Diskussion der Ergebnisse zu Emotion.....	52
7. Limitation	55
8. Ausblick	57
Literaturverzeichnis	59
Abbildungsverzeichnis.....	65

1. Zusammenfassung

1.1 Zusammenfassung

Einleitung

Die medizinische Approbationsordnung sieht ein problemorientiertes Studium anhand von Lernfällen als Teil der akademischen Lehre vor. Um dieser Forderung nachzukommen, werden Online-Fallsimulationen verwendet. Zur Optimierung der Informationsverarbeitung wurden in vorliegender Studie Fallsimulationen durchgeführt und hinsichtlich der kognitiven Belastung (Cognitive Load [1]), der Motivation und dem affektiven Erleben von Emotionen hin untersucht. Die Cognitive Load Theorie sieht eine triarchische Unterteilung der kognitiven Belastung in Intrinsic, Extraneous und Germane Cognitive Load vor [2]. Der Intrinsic Cognitive Load wird beeinflusst durch Elementinteraktivität, das heißt der Anzahl zusammenhängender Lerninhalte und dem individuellen Vorwissensstand des Lernenden [3]. Der Extraneous Cognitive Load hingegen entspricht der Darstellung der Lerninhalte und der Germane Cognitive Load dem lernförderlichen Teil der kognitiven Belastung [1]. Ziel dieser Studie war es daher herauszufinden, ob zwischen Motivation, Emotion sowie Intrinsic, Extraneous beziehungsweise Germane Cognitive Load ein Zusammenhang zu Vorwissen oder zu Leistungsparametern wie Bearbeitungszeit und Diagnoserichtigkeit besteht.

Methode

In einem Zeitraum von drei Wochen bearbeiteten 142 Medizinstudierende acht fiktive Fallsimulationen mit den Krankheitsbildern Fieber beziehungsweise Rückenschmerzen. Die Einteilung hohes versus niedriges Vorwissen erfolgte mittels eines Mediansplits durch das deklarative Wissen des Pretests, den die Medizinstudierenden vor der Bearbeitung der Fallsimulationen absolvierten. Die Emotionen der Medizinstudierenden wurden nach vier (Verlaufstest) beziehungsweise nach acht Fallsimulationen (Posttest), die Motivation zu Beginn der Bearbeitung (Pretest) sowie nach acht Fallsimulationen (Posttest) erfragt. Angaben zum Cognitive Load konnten die Medizinstudierenden dreimal während der Bearbeitung machen (zu Beginn der Bearbeitung, nach vier Fallsimulationen sowie am Ende der Bearbeitung). Zur Auswertung der erhobenen Daten bediente man sich des Statistikprogrammes SPSS.

Ergebnisse

In vorliegender Studie nahmen 142 Medizinstudierende teil (71,8% weiblich, M=24,41 Jahre).

Es konnte eine signifikante Korrelation zwischen dem Intrinsic Cognitive Load und der Bearbeitungszeit ($r = ,20$; $p = ,02$; $N = 141$) festgestellt werden.

Weiterhin hoch signifikant war sowohl die Korrelation der Parameter Prä-Motivation und der Mittelwert über alle Skalen des Cognitive Load ($r = ,21$; $p = ,01$; $N = 142$) als auch die Korrelation der Parameter Post-Motivation und wiederum dem Mittelwert über alle Skalen des Cognitive Load ($r = -,23$; $p = ,01$; $N = 142$).

Zudem zeigte die Korrelation nach Pearson einen negativen linearen Zusammenhang zwischen den negativ affektierten Emotionen „ängstlich“ ($r = -,40$; $p = ,00$; $N = 142$), „frustriert“ ($r = -,36$; $p = ,00$; $N = 142$) und der Diagnoserichtigkeit.

Ein positiv linearer Zusammenhang zeigte sich zwischen den beiden Parametern Bearbeitungszeit und der Emotion „frustriert“ ($r = ,20$; $p = ,02$; $N = 142$).

Diskussion

Vorliegende Studie zeigte einen signifikanten Zusammenhang zwischen Intrinsic Cognitive Load und Bearbeitungszeit. Die positive Korrelation der beiden Parameter könnte hier in der Minimierung des kognitiven Ressourcenverbrauchs durch Filterung und Bewertung einzelner Information begründet liegen. Zudem könnte eine etwaige höhere Elementinteraktivität die Wissensverarbeitung beschleunigt haben [3].

Autonome Formen des Lernens, wie die hier verwendeten Fallsimulationen, können im Gegensatz zu heteronomen Formen den Lernerfolg steigern [4]. In vorliegender Studie kann zwar eine extrinsische Motivation nicht ausgeschlossen werden, da die acht Fallsimulationen jedoch auf die beiden Krankheitsbilder Rückenschmerzen und Fieber anspielen, kann vermutet werden, dass die Medizinstudierenden angetrieben durch intrinsische Motivation die Fallsimulationen bearbeitet haben.

Durch die Auswertung der acht Fallsimulationen konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass vor allem negative Emotionen wie Angst und Frustrationen den Lernerfolg limitieren. Ein Erklärungsansatz für das schlechtere Abschneiden ängstlicher und frustrierter Medizinstudierender könnte eine Reduzierung ihrer Konzentration sein. Während positive Emotionen Selbstvertrauen auslösen [5], könnte ein negatives emotionales Erleben den Leistungsabwurf mindern.

1.2 Summary

Introduction

The regulations for medical licensure require problem-oriented education based on case simulations as a part of academic teaching. To fulfill this requirement, one could use online case simulations. In order to optimize the processing of information, case simulations were carried out and examined with regard to Cognitive Load [1], motivation and emotions. Cognitive Load Theory stands for a triarchic subdivision of cognitive load into intrinsic, extraneous, and germane cognitive load [2]. Intrinsic cognitive load is influenced by elemental interactivity, that's to say the number of coherent learning contents and the learner's individual level of prior knowledge [3]. Extraneous Cognitive Load corresponds to the presentation of learning content and Germane Cognitive Load to the educational part of cognitive load [1]. Therefore, the purpose of this study was to find out if motivation, emotion, intrinsic, extraneous or germane cognitive load are related to previous knowledge or performance parameters such as processing time and diagnostic accuracy.

Methods

In three weeks' time, 142 medical students worked on eight fictitious case simulations with the clinical pictures fever or back pain. The classification of high versus low prior knowledge was made by means of a median split through the declarative knowledge of the pretest, which the medical students completed before working on the case simulations. Emotions were asked after four ("Verlaufstest") or after eight case simulations ("Posttest"), motivation at the beginning of processing ("Pretest") and after eight case simulations ("Posttest"). The cognitive load was asked three times during processing (at the beginning of processing, after four case simulations and at the end of processing). The statistics program SPSS was used to evaluate the data.

Results

In this study, 142 medical students participated (71.8% female, M=24.41 years).

There was a significant correlation between intrinsic cognitive load and processing time ($r = .20$; $p = .02$, $N = 141$).

Furthermore, the correlation of the parameters pre-motivation and the mean of all scales of the cognitive load ($r = .21$; $p = .01$; $N = 142$) and the correlation of the parameters post-motivation and the mean of all scales of the cognitive load ($r = -.23$; $p = .01$, $N = 142$) was highly significant.

In addition, Pearson's correlation showed a negative linear relationship between the negatively affected emotions "anxious" ($r=-.40$, $p=.00$, $N=142$), "frustrated" ($r=-.36$, $p=.00$; $N=142$) and diagnostic accuracy.

A positive linear relationship was shown between the two parameters processing time and the emotion "frustrated" ($r=.20$, $p=.02$, $N=142$).

Discussion

The present study showed a significant correlation between intrinsic cognitive load and increased processing time. The positive correlation of the two parameters could be due to minimization of cognitive resource consumption through filtering and evaluation of information. In addition, any higher elemental interactivity may have accelerated the processing of knowledge [3].

Autonomous forms of learning, such as the case simulations used in this study, can increase learning success in contrast to heteronomous forms [4]. Although extrinsic motivation cannot be excluded in the present study, since the eight case simulations allude to the two clinical pictures - back pain and fever - it can be assumed that the medical students were driven by intrinsic motivation.

It could be shown that negative emotions like fear and frustration limit the learning success. An explanation for poorer performance of anxious and frustrated medical students could be a reduction in concentration. While positive emotions trigger self-confidence [5], a negative state of mind could diminish performance.

2. Einleitung

2.1 Förderung der Entwicklung von Diagnosekompetenzen in der medizinischen Lehre

„Denn sie tun nicht, was sie wissen“ (Annett Entzian) [6].

Die Medizin der Zukunft strebt eine patientenzentrierte Integration individueller Expertise mit evidenzbasierter Forschung an. Jene klinische Expertise impliziert jedoch nicht nur alleiniges klinisches Fachwissen, sondern insbesondere auch die Anwendung dieses Wissens [7]. Doch was macht dann letztlich einen guten Arzt aus? Fachwissen? Kommunikationswissen? Oder Handlungswissen? [8] Sicherlich formen alle drei Komponenten einen gut ausgebildeten Arzt. Doch vor allem Letzteres - das Handlungswissen - fungiert als Schlüsselkompetenz, wenn es darum geht, Patienten unnötige Untersuchungen zu ersparen, wirtschaftlich zu arbeiten und nicht zuletzt in lebensbedrohlichen Situationen schnell agieren zu können. Auf dem Prinzip von Dreyfus und Dreyfus lässt sich die Entwicklung eines Novizen, im vorliegenden Fall jungen Medizinstudierenden, bis hin zum Experten, also erfahrenen approbierten Arzt, in fünf Schritten anschaulich erklären (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Novice-to-Expert

Entwicklungsstadium	Wissensstand
Novice	Limitiertes Verständnis
Advanced Beginner	Arbeitsgedächtnis, meistert einfachere Aufgaben
Competent	Gutes Hintergrundwissen
Proficient	Tiefes Verständnis, sieht Aktionen ganzheitlich
Expert	Ganzheitliches Verständnis, reagiert intuitiv bei Routinefragen

Besonders im Bildungsprozess eines Medizinstudierenden implementiert die Ratio „vom analytischen Verhalten eines distanzierten Subjektes, das seine Umgebung in erkennbare Elemente zerlegt und dabei Regeln folgt, hin zu einem teilnehmenden Können, das sich auf frühere konkrete Erfahrungen stützt und auf ein unbewusstes Erkennen von Ähnlichkeiten zwischen neuen und früheren Gesamtsituationen“ [9] (Seite 4). Diese Ratio lässt sich basierend auf den Ausführungen von

Dreyfus und Dreyfus als eine holistische Kompetenz einordnen. Bezogen auf den klinischen Alltag lässt sich das so erklären, dass ein Arzt in einer neuen Situation erfahrungsgeleitet und problemorientiert handelt [9]. Es bedarf folglich einer Reflexivität. Donald Schön beschreibt diesen Prozess als „reflection in“ sowie „on action“ [10] im Sinne einer Reflexion im Moment der Handlung, also nach Neuweg „eines Wechselspiels zwischen Analyse und Integration“ [11]. Nur betrachtet man die Hochschulausbildung eines angehenden Arztes genauer, so hat diese wenig mit einer „Didactica magna“ mit dem Anspruch einer ganzheitlichen Lehre [12] im Sinne von Johann Amos Comenius gemein. Häufig werden Medizinstudierende darauf hin ausgebildet, möglichst viel Fachwissen während ihrer Studienlaufbahn anzuhäufen. Doch Diagnostizieren fußt nicht nur auf alleinigem Faktenwissen, sondern bedarf vielmehr einer Strategie des Denkens [13].

Zunächst erfahren die Medizinstudierenden einen klassischen Frontalunterricht, welcher auch wichtig ist, um verschiedene Mindmaps zu entsprechenden Krankheiten zu entwickeln und einen Grundstock an Wissen aufzubauen. Kommen die jungen Mediziner zum ersten Mal während ihres Studiums im klinischen Abschnitt mit Patienten in Kontakt, geht es darum, differentialdiagnostisches Wissen zu entwickeln. Als Beispiel kann man sich das Bedside-teaching vorstellen. Bedside-teaching wird definiert als Lernunterricht in Anwesenheit von Patienten und Medizinstudierenden. In einer klinischen Umgebung wird es dem Medizinstudierenden ermöglicht, eine Arzt-Patienten-Kommunikation unter realen Gegebenheiten zu beobachten und gegebenenfalls Fragen zu stellen beziehungsweise aktiv in das Gespräch mit eingebunden zu werden [14]. Das Ziel eines derartigen Unterrichtsmodells ist es vor allem aber auch, Diagnosekompetenzen zu fördern und analytisches Denken zu triggern. In der Theorie klingt dieses Modell nach einer idealen Möglichkeit Medizinstudierenden ein Bild davon zu verschaffen, wie im realen Klinikalltag letztlich eine Diagnose gestellt werden kann, nämlich indem man erfahrenen Mediziner über die Schulter schaut. Doch dieses didaktische Gefälle zwischen Arzt und Student kann nur egalisiert werden, wenn der Ausbilder die Auszubildenden an seinem impliziten Wissen teilhaben lässt [8]. Meist sieht es jedoch so aus, dass die Medizinstudierenden lediglich mitlaufen, nicht aktiv in den Denkprozess miteingebunden werden und mit der Situation der automatisierten Diagnosefindung durch den erfahrenen Arzt überfordert sind [15]. Ihnen fehlen die Erkenntnisprozesse [16], die der Arzt mittels Anamnese, weiterführender Diagnostik und langjähriger Erfahrung mit vorgefertigten Mindmaps bildet. Meist lässt der behandelnde Arzt die jungen angehenden Mediziner nicht an seinem impliziten Wissen teilhaben. Deswegen zeigt sich leider oft im „Bedside-teaching“ oder auch in anderen klinischen Situationen mit Medizinstudierenden eine Art theoriebasierter Unterricht. Die Medizinstudierenden sind daher oftmals auf sich selbst angewiesen derartige Verknüpfungen

herzustellen oder auch erst in ihrer späteren medizinischen Laufbahn Diagnosekompetenzen zu entwickeln.

Die neue Approbationsordnung für Ärzte von 2002 sieht jedoch problemorientiertes fallbasiertes Lernen in der Ausbildung von Medizinstudierenden zur Förderung jener Diagnosekompetenzen vor:

„Approbationsordnung für Ärzte - Erster Abschnitt - Die ärztliche Ausbildung
§ Unterrichtsveranstaltungen

(5) Die gegenstandsbezogenen Studiengruppen haben die Aufgabe, den in praktischen Übungen, Seminaren und Vorlesungen dargestellten Stoff zu besprechen und das eigenständige, problemorientierte Arbeiten zu üben. Gegenstandsbezogene Studiengruppen werden von den Lehrkräften der Universität oder durch von der Universität beauftragte Lehrkräfte geleitet. In den gegenstandsbezogenen Studiengruppen sollen vor allem Fallbeispiele behandelt werden. In Verbindung mit Seminaren und gegenstandsbezogenen Studiengruppen sollen die Universitäten auch die Abhaltung von Tutorien ermöglichen.“ [17]

Die Bearbeitung von Onlinefällen auf Lernplattformen könnte diese Lücke in der akademischen Lehre füllen.

Das vom BMBF geförderte Projekt FAMULUS beschäftigt sich mit dem Einsatz derartiger computergestützter Lernfälle zur Förderung von Diagnosekompetenzen sowohl in der Medizin- als auch in der Lehramtsausbildung [18]. Um jene Diagnosekompetenzen mittels Onlinefallsimulationen in optimaler Weise zu fördern, soll im Folgenden die Cognitive Load Theorie zunächst allgemein und anschließend in Hinblick auf den medizindidaktischen Kontext des Lernens mit Onlinefallsimulationen näher beleuchtet werden.

2.2 Die Cognitive Load Theorie nach Sweller

R. C. Atkinson und R. M. Shiffrin nehmen eine Unterteilung der Wissensverarbeitung in ein Arbeits- und ein Langzeitgedächtnis vor. Sie beschreiben eine Übermittlung neuer Reize vom sensorischen Gedächtnis in das Arbeitsgedächtnis. Zu einer Speicherung des neu Gelernten kommt es durch Interaktion des Arbeitsgedächtnisses mit dem Langzeitgedächtnis [19].

Da das Arbeitsgedächtnis in seiner Kapazität stark limitiert ist, können nur insgesamt sieben neue Informationen (plus minus zwei) im Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden [20]. Ist eine Verknüpfung beziehungsweise Interaktion neu gewonnener Informationen notwendig, folgt eine Reduktion der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses [21]. Das Langzeitgedächtnis hingegen verfügt über eine hohe Speicherdauer und einer nicht definierten Limitation ihrer Speicherkapazität [22].

Die Speicherung des angeeigneten Wissens im Langzeitgedächtnis erfolgt mittels sogenannter Schemata. Diese kognitiven Gebilde dienen der Organisation sowie Kommunikation einzelner Wissensseinheiten [23]. In neuen Situationen können derartige Schemata miteinander interagieren und die Operationalisierung des Problemlöseprozesses vorantreiben [24]. Dies bedeutet folglich, dass der Prozess des Lernens ein Interagieren der einzelnen Schemata mit Ausbildung neuer Verknüpfungen sowie eine Automatisierung der selbigen impliziert [25]. Eine Speicherung von Wissen in einer derartig organisierten Form ist zugänglicher und erlaubt einen schnelleren Abruf bei komplexerem Wissen wie zum Beispiel Ursachen und Verlauf der beiden Weltkriege im Gegensatz zu alleinigem Faktenwissen wie Benennung von Gegenständen [26]. Während sich beim Experten ein hoher Grad an Automatisierung zeigt, stehen die Schemata von Novizen nur in geringer Interaktion zueinander. Jene Automatisierung steht im direkten Zusammenhang mit den Leistungsunterschieden zwischen Experten und Novizen beziehungsweise ihrer kognitiven Belastung [27].

Die Cognitive Load Theorie nach Sweller sieht eine triarchische Einteilung dieser Belastung vor – sprich Intrinsic Cognitive Load, Extraneous Cognitive Load sowie Germane Cognitive Load [2].

Der Intrinsic Cognitive Load bezieht sich auf die intrinsische kognitive Belastung provoziert durch die einzelnen Lernelemente und die Komplexität des Sachverhaltes. Sweller definiert jene Elemente wie folgt: „[...] anything that needs to be or has been learned, such as a concept or a procedure.“ (S.124) [3]. Der Lernprozess basierend auf diesen Elementen erlaubt entweder eine simultane oder eine konsekutive Bearbeitung der Elemente im Arbeitsgedächtnis. Hohe Elementinteraktivität bei simultaner Bearbeitung führt zu einer höheren kognitiven Belastung als eine aufeinanderfolgende Bearbeitung einzelner Elemente. Darüber hinaus spielt auch das Vorwissen der Lernenden eine bedeutende Rolle im Lernprozess. So evoziert ein hohes Vorwissen einen geringen Intrinsic Cognitive Load [28]. Beispielhaft wäre in diesem Fall die Aneignung mathematischen Wissens. Das Erlernen der Ziffern würde hierbei einen geringen Intrinsic Cognitive Load provozieren während komplexere Sachverhalte, wie das Auflösen von Gleichungen, den Intrinsic Cognitive Load ansteigen lassen.

Im Gegensatz zum Intrinsic Cognitive Load ist der Extraneous Cognitive Load per definitionem nicht von Lerninhalten und Vorwissen abhängig, sondern vom instruktionalen Design der Lernumgebung [29]. Mit Hilfe von verbalen beziehungsweise auditiven oder visuellen Designelementen kann eine Minimierung des Extraneous Cognitive Load erfolgen [30]. Auch die geografische Nähe korrespondierender Lerninhalte oder der Ausschluss irrelevanter Information kann einen positiven Einfluss auf den Grad der extrinsischen kognitiven Belastung ausüben [3].

Die „Expertise reversal effect-theory“ geht davon aus, dass Instruktionshilfen bei Lernenden mit fortgeschrittenen Vorwissen („Experten“) im Vergleich zu Lernenden mit wenig Vorwissen („Novizen“) [31] einen pleonastischen Effekt aufgrund semantischer Redundanz auf die Güte der nachfolgenden Bearbeitung haben.

Die Dritte Untereinheit der Cognitive Load Theorie ist der Germane Cognitive Load. Der Germane Cognitive Load wird auch als lernbezogene kognitive Belastung bezeichnet, das heißt jene Belastung die für die Elaboration einzelner Lerneinheiten in Schemata während des Lernprozesses aufgewendet wird und resultiert aus dem Zusammenspiel der bereits beschriebenen intrinsischen und extrinsischen Belastung. Sind somit zum Beispiel die Ressourcenkapazitäten durch ein didaktisches Design im hohen Maß ausgelastet, steigt auch die intrinsische kognitive Belastung [32].

Somit kann mit Hilfe der Cognitive Load Theorie unter Berücksichtigung der Elementinteraktivität bezogen auf das individuelle Vorwissen der Lernenden sowie durch optimales didaktisches Design Einfluss auf die erfolgreiche Operationalisierung des Lernprozesses bei der Bearbeitung von computergestützten Fallsimulationen genommen werden.

Im Folgenden soll nun erörtert werden, inwiefern sich die subjektive Einstellung und die motivationale Haltung der Medizinstudierenden auf die Bearbeitung der Fallsimulationen auswirkt.

2.3 Emotion und Motivation in Korrelation mit dem Leistungserfolg

Eine oft geäußerte Kritik an der Cognitive Load Theorie ist die Vernachlässigung der Emotionen, die die Medizinstudierenden während eines Lernvorgangs erleben [33]. Emotionen sind als

affektive Erfahrungen charakterisiert durch ihre kurze Dauer und ihre Relation zu einem Subjekt beziehungsweise einer Situation [34]. Die Dichotomie zwischen Emotion und Leistung spielt auch in unserer heutigen modernen Gesellschaft eine wichtige Rolle. „Emotionales Handeln“ impliziert eine Disqualifikation rationalen Handelns, das bedeutet jene Volition wird als weniger wertig angesehen [35]. Emotionen evozieren zudem unweigerlich ein zentralnervöses Erregungsmuster mit entsprechender kognitiver Komponente. So kann zum Beispiel ein Gefühl der Angst oder Frustration eine Blockade mit Versagensängsten generieren [36]. Ein positiv affektives Erleben einer Situation hingegen ist in der Lage einen Leistungsschub zu bewirken [5]. Leistungsbezogene Angst ist jedoch die am häufigsten erlebte Emotion unter Studierenden in Prüfungssituationen [37]. Zudem kann in diesem Zusammenhang eine Unterteilung in zwei Dimensionen erfolgen, nämlich in aktivierende (zum Beispiel Neugier, Überraschung, Begeisterung) beziehungsweise deaktivierende (wie Verwirrung, Angst, Frustration, Langeweile) Emotionen [38]. Diese Emotionen zählen zu den sogenannten Basisemotionen, das heißt jenen Emotionen, die von allen Menschen unterschieden werden können. In unterschiedlichen Kulturen evozieren jene Emotionen die gleichen Gesichtsausdrücke und Handlungstendenzen [39]. Während aktivierende Emotionen ein höheres Maß an Konzentration und Motivation generieren, was zu einer besseren Aufnahme beziehungsweise Vernetzung neuer Lerninhalte führt, können deaktivierende Emotionen zu einer Reduktion der Lernleistung führen [40].

Da Emotionen durch ihr subjektives Empfinden der Lernenden charakterisiert sind und nicht jede Lernsituation zwangsläufig emotionsinduzierend ist, wurden in vorliegender Studie die Emotionen mittels Befragung der Medizinstudierenden erfasst. Emotionen entspringen in diesem Kontext der individuellen Interpretation der jeweiligen Lernsituation [41].

Des Weiteren scheint es eine Korrelation zwischen Emotion und Motivation zu geben [42]. Emotionen werden beim Lernenden demnach evoziert, wenn sie in dieser Situation motivational relevant sind [43]. Bereits Kleinginna und Kleinginna wiesen auf eine Konnotation der beiden Parameter Emotion und Motivation hin. Zielgerichtetes Handeln ist somit bedingt durch affektive Zustände [44]. Evolutionspsychologen argumentieren, dass Emotionen in erster Linie die Aufgabe verfolgen, Motivationen zu evozieren. Als Beispiel in der Hinsicht kann ein Fluchtreflex bei Angstzuständen genannt werden [45]. Zudem lässt sich die Motivationshaltung der Medizinstudierenden in eine Erwartungshaltung (Prä-Motivation) [46] und eine anschließende situationsspezifische Analyse (Post-Motivation) [47] unterteilen.

Weiterhin werden verschiedene Varianten der Präsentation des Lernstoffes näher beleuchtet.

2.4 Whole Case versus Serial Cue Format

Um unterstützend auf die Wissensverarbeitung während des Lernprozesses einwirken zu können, muss dem Design eine besondere Bedeutung zugemessen werden. Schmidt und Mamede unterscheiden dahingehend ein „Whole Case“ und ein „Serial Cue“ Format. Während im Whole Case Format der Lernende mit einer Fülle an Informationen konfrontiert wird, kann er im Serial Cue Format zwischen einzelnen Informationseinheiten wählen. Das Serial Cue Format wird im medizinischen Bereich als realitätsnaher betrachtet, da hier die diagnostischen Prozesse eines Arztes bei der Befundung simuliert werden können [48]. Jedoch steht zur Diskussion, ob die Informationsverarbeitung zur Stellung einer Diagnose im Whole Case Format nicht auch serieller Natur ist [49]. Zudem gibt es zum jetzigen Zeitpunkt nur wenig Anhaltspunkte für eine positive Beeinflussung des Informationsverarbeitungsprozesses im Serial Cue Format [50] und Untersuchungen zum Arbeiten im Whole Case Format zeigten eine unterstützende Wirkung auf den Lernprozess [51] [52].

Abschließend soll ergründet werden, inwiefern Diagnosekompetenzen in der medizinischen Ausbildung gefördert und umgesetzt werden können.

2.5 Umsetzung der Förderung von Diagnosekompetenzen in der medizinischen Ausbildung

In unserer modernen Gesellschaft hält die zunehmende Digitalisierung auch Einzug in neue Lernumgebungen. E-Learning als Buzz-Word impliziert die Möglichkeit der Darstellung von Simulationen und Animationen in sogenannten Fallsimulationen. Das oft zitierte problemorientierte Lernen mit derartigen Fallsimulationen verfolgt das Ziel der eigenen Metakognition des Lernenden, einer Kompetenzentwicklung während des Studiums, der Ausbildung einer sozialen Reife sowie der Evolution praktischen Wissens [53]. Somit sollte in der medizinischen Lehre vermehrt ein Augenmerk auf eine explizitere Wissensvermittlung mit Unterstützung der Evolution kognitiver Fähigkeiten unter Anbetracht kognitiver, emotionaler sowie motivationaler Aspekte gelegt werden, wenn es darum geht, Diagnosekompetenzen angehender Mediziner zu fördern. Ein möglicher Ansatzpunkt, wie diese Evolution mittels simulationsbasierter Lernumgebungen vorangetrieben werden könnte, wird in vorliegender Studie evaluiert.

3. Zielsetzung

Die Cognitive Load Theorie nach Sweller [54] bietet kognitionspsychologische Aspekte des Designs neuartiger Lernplattformen zur Progression des Lernerfolges der Medizinstudierenden. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, explorativ in Anlehnung an die Cognitive Load Theorie zu ermitteln, welche Faktoren Einfluss auf die kognitive Belastung nehmen. Hierbei sollte insbesondere der Emotion und Motivation Beachtung geschenkt werden.

3.1 Fragestellungen zu Cognitive Load bei Medizinstudierenden

Nachfolgend sollen Fragestellungen zu den Wechselwirkungen zwischen Intrinsic, Extraneous, Germane Cognitive Load und Parametern wie Vorwissen der Medizinstudierenden, Diagnoserichtigkeit, Bearbeitungszeit sowie Darstellungsformat erarbeitet werden. Ausgehend von Fragestellungen werden Hypothesen formuliert.

Frage 1:

Gibt es eine Wechselwirkung zwischen dem Intrinsic Cognitive Load und dem Vorwissen der Medizinstudierenden im Hinblick auf die Diagnoserichtigkeit und die Bearbeitungszeit, während dem Lernen mit Fallsimulationen?

Hypothese 1 a): Der Intrinsic Cognitive Load liegt bei Medizinstudierenden mit niedrigem Vorwissen höher als bei Medizinstudierenden mit hohem Vorwissen.

Da die Aufnahmefähigkeit des Arbeitsgedächtnisses durch die Existenz von Schemata positiv beeinflusst werden kann [3], wird vermutet, dass bei Medizinstudierenden mit niedrigem Vorwissen der Intrinsic Cognitive Load höher ist, als bei Medizinstudierenden mit hohem Vorwissen.

Hypothese 1 b): Niedrige versus hohe Performer bezüglich der Diagnoserichtigkeit bei der Bearbeitung der Fallsimulationen haben im Schnitt einen höheren Intrinsic Cognitive Load

Hypothese 1 c): Je stärker ausgeprägt der Intrinsic Cognitive Load, desto mehr Bearbeitungszeit wird in Anspruch genommen.

Hypothesen 1 b) und 1 c) basieren auf der Annahme, dass ein verminderter Intrinsic Cognitive Load zu einem geringeren Ressourcenverbrauch und somit zu einem gesteigerten Outcome bezüglich der Diagnoserichtigkeit und einer gesteigerten Bearbeitungszeit führt [3].

Frage 2:

Wie beeinflussen das Darstellungsformat der Fallsimulationen und das Vorwissen der Medizinstudierenden den Extraneous Cognitive Load beim Lernen mit Fallsimulationen?

Hypothese 2 a): Das Serial Cue Format evoziert einen niedrigeren Extraneous Cognitive Load als das Whole Case Format.

Geht man davon aus, dass die didaktische Oberfläche der Onlinelernfälle im Serial Cue Format eine übersichtlichere Darstellung als im Whole Case Format erlaubt, so liegt die Vermutung nahe, dass der Extraneous Cognitive Load beim Serial Cue Format niedriger ausgeprägt ist als im Whole Case Format.

Hypothese 2 b): Der Extraneous Cognitive Load ist bei Medizinstudierenden mit hohem Vorwissen im Whole Case Format höher als bei der Darstellung im Serial Cue Format.

In Bezug auf den „Expertise Reversal Effect“ liegt die Vermutung nahe, dass Medizinstudierende mit einem hohen Vorwissen bei der Bearbeitung der Fallsimulationen im Whole Case Format einen höheren Extraneous Cognitive Load aufweisen, als Medizinstudierende mit einem niedrigeren Vorwissen. Redundante Informationen könnten demnach zu Interferenzen führen, was wiederum eine Überbelastung der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses der Medizinstudierenden obgleich hohem Vorwissens provozieren könnte.

Hypothese 2 c): Höheres Vorwissen evoziert einen niedrigeren Extraneous Cognitive Load.

Jene Hypothese geht davon aus, dass Medizinstudierende mit einem höheren Vorwissen unabhängig von verschiedenen Gestaltungsprinzipien extrinsisch weniger belastet werden.

Hypothese 2 d): Ein hoher Extraneous Cognitive Load evoziert eine geringere Diagnoserichtigkeit.

Hypothese 2 e): Ein hoher Extraneous Cognitive Load evoziert eine hohe Bearbeitungszeit.

Die Hypothesen 2 d) und 2 e) beruhen auf der Annahme, dass instruktionales Design zu einem Anstieg des Extraneous Cognitive Load führt, was sich nachfolgend auf Diagnoserichtigkeit und Bearbeitungszeit auswirken könnte

Frage 3:

3.1 Gibt es bei Medizinstudierenden beim Lernen mit Fallsimulationen einen Zusammenhang zwischen Germane Cognitive Load und Presence?

Hypothese 3.1: Je höher der Germane Cognitive Load, desto höher auch die Presence.

3.2 Gibt es einen Zusammenhang zwischen Germane Cognitive Load, Diagnoserichtigkeit und Bearbeitungszeit?

Hypothese 3.2 a): Je höher der Germane Cognitive Load, desto mehr Fallsimulationen können die Medizinstudierenden lösen.

Hypothese 3.2 b): Medizinstudierende mit einem höheren Vorwissen sind in der Lage die Fallsimulationen in kürzerer Zeit zu bearbeiten.

Wie bereits ausgeführt spielt die Ressourcenallokation bezüglich des Arbeitsgedächtnisses bei der Bearbeitung der Fallsimulationen eine entscheidende Rolle (siehe Kapitel 2.2 Die Cognitive Load Theorie nach Sweller). Daher kann davon ausgegangen werden, dass Medizinstudierende mit einem höheren Vorwissen schneller Informationen bündeln und in kürzerer Zeit Konnotationen zwischen bereits vorhandenen Schemata und neuer Informationen herstellen können. Aus diesem Grund liegt die Vermutung nahe, dass Medizinstudierende, die über ein höheres Vorwissen verfügen, auch in der Lage sind die Fallsimulationen in kürzerer Zeit zu bearbeiten.

3.2 Fragestellungen zur Motivation bei Medizinstudierenden

Im Folgenden werden Fragestellungen zur Auswirkung der Prä- und Post-Motivation von Medizinstudierenden auf Diagnoserichtigkeit, Bearbeitungszeit und Cognitive Load näher beleuchtet und Hypothesen zu den einzelnen Fragestellungen formuliert.

Frage 4:

Welchen Effekt üben die Prä- und Postmotivation der Medizinstudierenden auf die Diagnoserichtigkeit, die Bearbeitungszeit und den Cognitive Load aus?

Hypothese 4a): Medizinstudierende mit hoher Prä-Motivation haben einen geringeren Cognitive Load.

Die Hypothese gründet sich auf der Annahme, dass eine hoch motivationale Haltung zu einer Steigerung der Kapazität beziehungsweise Belastbarkeit des Arbeitsgedächtnisses und somit zu einer geringeren kognitiven Überanstrengung führen könnte.

Hypothese 4 b): Je höher die Prä-Motivation, desto höher die Diagnoserichtigkeit.

Motivation als eine Art Handlungsbereitschaft generiert in der Theorie zudem eine höhere Effektivität bei der Problemlösung. Folglich besteht die Annahme, dass hoch motivierte Medizinstudierende in der Lage sind mehr Fallsimulationen erfolgreich abschließen zu können.

Hypothese 4c): Hoch prä-motivierte Medizinstudierende bearbeiten die Fallsimulationen in kürzerer Zeit.

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Implikation der Motivation, einer hohen Handlungsbereitschaft sowie einer höheren Effektivität auch eine höhere Leistung evoziert, das heißt mehr Arbeit pro Zeit und somit auch eine schnellere Bearbeitungszeit.

Hypothese 4 d): Medizinstudierende mit hoher Post-Motivation haben einen niedrigen Cognitive Load.

Hypothese 4 e): Hohe Post-Motivation resultiert aus einer hohen Diagnoserichtigkeit bei der Bearbeitung der Fallsimulationen.

Zu Hypothese 4 f): Hohe Post-Motivation triggert eine kürzere Bearbeitungszeit der Fallsimulationen.

Selbstreguliertes Lernen impliziert einen hohen Grad an Persistenz in Hinblick auf die Motivation der Medizinstudierenden. Hoch postmotivierte Medizinstudierende sind demnach in der Lage, Prozesse der Wissensaufnahme und –verarbeitung effektiver zu steuern [55], was zu einer Reduktion des Cognitive Load, einer gesteigerten Diagnoserichtigkeit sowie einer verkürzten Bearbeitungszeit führen könnte (siehe Hypothese 4 d), 4 e), 4 f)).

3.3 Fragestellung zu Emotionen bei Medizinstudierenden

Im weiteren Verlauf werden Fragestellungen zum Wechselspiel der Emotionen von Medizinstudierenden auf Prozessvariablen wie Diagnoserichtigkeit und Bearbeitungszeit sowie die dazugehörigen Hypothesen aufgeführt.

Frage 5:

Welchen Effekt können die Emotionen der Medizinstudierenden auf die Diagnoserichtigkeit und die Bearbeitungszeit nehmen?

Hypothese 5 a): Medizinstudierende, die ein hohes Maß an negativen deaktivierenden Emotionen aufweisen, lösen im Schnitt weniger Fallsimulationen und benötigen bei der Bearbeitung mehr Zeit.

Da negative, deaktivierende Emotionen einen psychischen Zustand der Ratlosigkeit und des Chaos darstellen, involviert dieser Geisteszustand eine Minimierung der geistigen Leistungsfähigkeit. Aus diesem Grund könnte man davon ausgehen, dass in diesem Zusammenhang Medizinstudierende weniger Fallsimulationen lösen können und mehr Zeit zur Bearbeitung der Fallsimulationen benötigen.

Hypothese 5 b): Medizinstudierende, die ein hohes Maß an positiven aktivierenden Emotionen aufweisen, lösen im Schnitt mehr Fallsimulationen und benötigen bei der Bearbeitung weniger Zeit.

Die Hypothese basiert auf der Annahme, dass Medizinstudierende, die positive besetzte aktivierende Emotionen erleben, mehr Denkarbeit in die Bearbeitung der Fallsimulationen

investieren und folglich auch in der Lage sind ihre Diagnoserichtigkeit zu steigern und weniger Zeit bei der Bearbeitung in Anspruch nehmen.

Hypothese 5 c): Gibt es einen Zusammenhang zwischen Geschlecht, Alter und den Emotionen „Frustration“ und „Ängstlichkeit“?

Emotionen sind nicht linear und unterliegen multiplen Einflussfaktoren [56]. Aus diesem Grund könnte man davon ausgehen, dass ein höheres Alter zu einer Minimierung des Frustrations- und Ängstlichkeitslevels führen könnte und sich jene Emotionen bei beiden Geschlechtern unterschiedlich äußern.

4. Methoden

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollten 142 Medizinstudierende mittels der Onlineplattform CASUS acht fiktive Fallsimulationen bearbeiten, welche anschließend mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS ausgewertet wurden. Im Folgenden werden zunächst sowohl die Zusammensetzung als auch die Akquise des Medizinstudierendenkollektivs näher erläutert und die verwendeten Messinstrumente dargestellt. Anschließend wird der genaue Ablauf der Studie weiter ausgeführt.

4.1 Genehmigung durch die Ethikkommission

Die Datenerhebung fand in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki statt. Die Genehmigung der Ethikkommission mit der Nummer 17-249 der Universitätskliniken der Universität München für die Studie wurde ebenfalls eingeholt.

4.2 Stichprobe

4.2.1 Zusammensetzung der Medizinstudierenden

Alle Medizinstudierenden, die vom 25. Oktober 2017 bis 15. November 2017 im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts Famulus teilgenommen haben, wurden randomisiert in zwei Gruppen mittels eines Mediansplits durch zuvor erörtertes deklaratives Wissen eingeteilt. Somit ergab sich eine Gruppenstärke von 57 bei Medizinstudierenden mit niedrigem Vorwissen und 83 bei Medizinstudierenden mit hohem Vorwissen. Eine Unterscheidung bezüglich des Geschlechtes wurde nicht vorgenommen.

4.2.2 Akquise der Medizinstudierenden

Für eine zielgerichtete Akquise der Medizinstudierenden wurde ein Rekrutierungsflyer mit allen studienrelevanten Kriterien angefertigt. Dieser enthielt die Teilnahmebedingungen, das heißt in

welchem Stadium ihres Studiums sich die Medizinstudierenden zur Zeit befinden sollten, eine Liste möglicher Testtermine, zu denen sich die Medizinstudierenden per Email anmelden konnten, den Veranstaltungsort und den Hinweis auf ein Entgelt von 50 Euro. Die Flyer wurden zu Beginn des Semesters während Einführungsveranstaltungen und Vorlesungen verteilt oder durch die Lehrkoordinatorinnen der einzelnen Module mittels eines Emailverteilers an die Medizinstudierenden weitergeleitet beziehungsweise auf der Lernplattform Moodle online gestellt. Des Weiteren wurden mehrere Flyer, an von Studenten an hoch frequentierten Orten, gut sichtbar aufgehängt. Die Probanden erhielten einen Tag vor der Erhebung eine Erinnerungsemail mit der Bitte pünktlich zu erscheinen und einer nochmaligen Nennung des Veranstaltungsortes. Mehrfachteilnahmen wurden nicht gewährt. Die Incentivierung der Testpersonen erfolgte per Überweisung von 50 Euro im Anschluss an die Erhebung.

4.3 Studiendesign

4.3.1 Didaktischer Aufbau der Durchführung

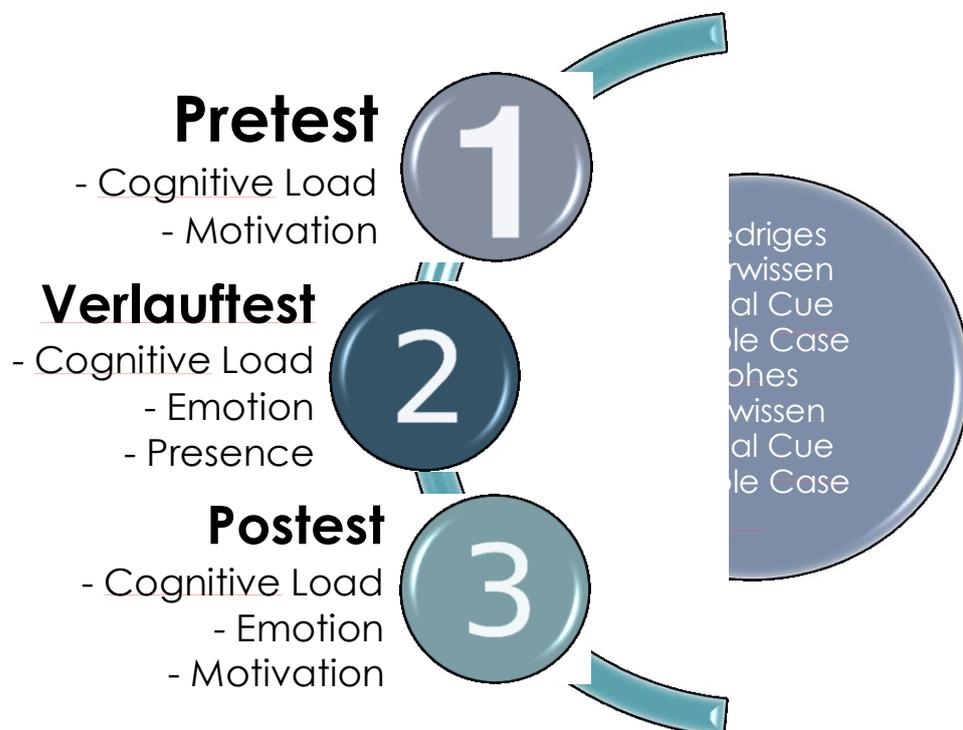


Abbildung 1: Didaktisches Design

Die vorliegende Studie ist eine quasiexperimentelle Untersuchung. Das Studiendesign basiert auf der vorherigen Evaluation einer explorativen Pilotstudie und wurde so konzipiert, dass ein vorwissensabhängiger Vergleich zwischen einem Serial Cue und einem Whole Case Darstellungsformat der Fallsimulationen in Abhängigkeit von kognitiver Belastung, Emotionen und Presence als abhängige Variablen möglich ist. Wie in oben abgebildeter Grafik dargestellt trial die kognitive Belastung der Medizinstudierenden zum Zeitpunkt des Pretests, des Verlaufstests sowie des Posttests erhoben. Die Emotionen, die Medizinstudierende während der Bearbeitung der Fallsimulationen erlebt hatten, wurden nach vier virtuellen Fallsimulationen während des Verlaufstests und nach acht Fallsimulationen während des Posttests exploriert. Der motivationale Ansporn wurde sowohl vor der Bearbeitung der Lernfälle als auch nach Abschluss der Bearbeitung examiniert. Ihre kognitive Präsenz sollten die Medizinstudierenden lediglich einmal - zum Zeitpunkt des Verlaufstests – angeben.

Zu Beginn des **Pretests** wurden zunächst die soziodemographischen und motivationalen Hintergründe der einzelnen Medizinstudierenden erfragt. Zu den gestellten Fragen zählten der Reihe nach die Angabe des Geschlechts, des Alters, der Muttersprache, der Abitur- und Physikumsnote, des aktuellen Semesters, einer bereits abgeschlossenen Berufsausbildung oder einer anderen abgebrochenen beziehungsweise abgeschlossenen Studienrichtung, die Fachrichtung der absolvierten Famulatur sowie welche Fachrichtung der Medizinstudierende später einmal anstreben möchte. Bezüglich der Motivation konnten die Medizinstudierenden mittels einer Likert-Skala von eins bis sieben ihr Engagement im Vorfeld der Bearbeitung der Fallsimulationen bewerten.

Im Anschluss folgte die Evaluierung des deklarativen Wissens. Dazu wurden zehn Multiple-Choice Fragen, die sich alle auf die Themen Fieber beziehungsweise Rückenschmerzen bezogen, gestellt.

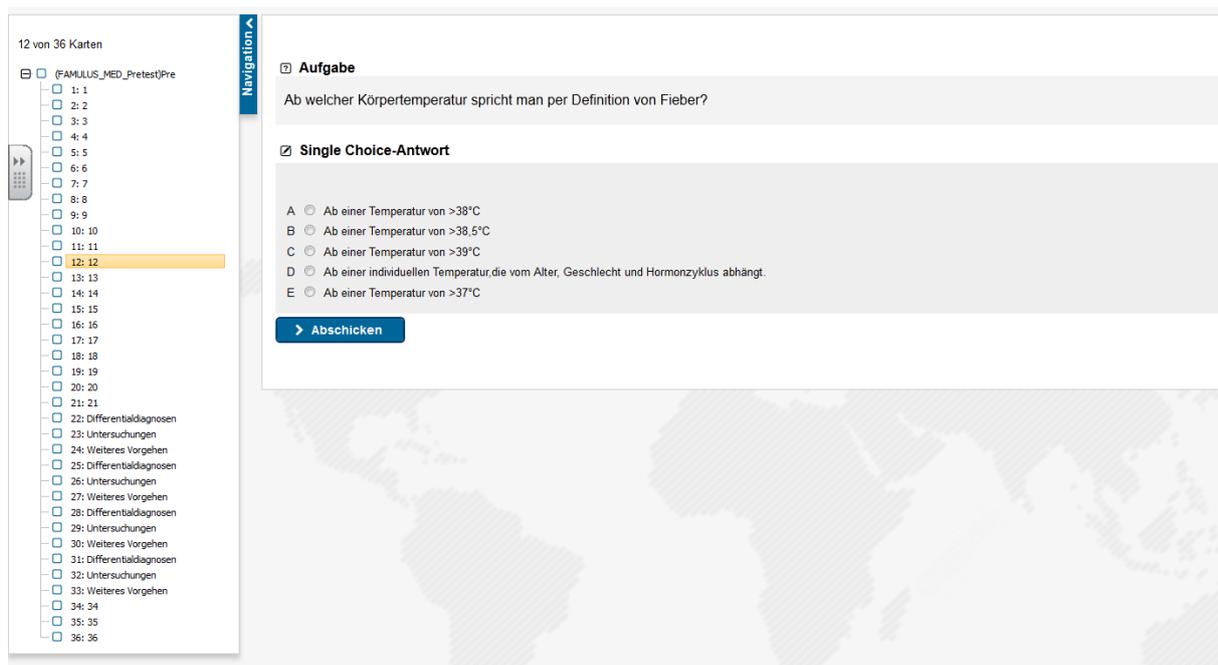


Abbildung 2: Multiple-Choice Fragen

Um das Verständnis der Medizinstudierenden näher zu analysieren, bediente man sich im Anschluss der Verwendung von vier Key-Feature Fragen, das heißt der Kombination mehrerer Antwortmöglichkeiten, um das prozedurale Wissen der Medizinstudierenden zu erörtern. Jene vier Key-Feature Fragen drehten sich erneut um die Krankheitsbilder Fieber und Rückenschmerzen. Der Medizinstudierende sollte sich die Situation eines Freitagnachmittages in einer internistischen Notaufnahme vorstellen und sich der Reihe nach um die fiktiven Fallsimulationen „Herr Abt“, „Frau Reiner“, „Herr Kau“ und „Herr Spindler“ kümmern. Alle vier Key-Feature Fälle waren wie ursprünglich in den Arbeiten von Bordage und Mitarbeitern aufgebaut und ließen sich jeweils in drei Karten aufgliedern [57]. Zunächst wurden immer Differentialdiagnosen erfragt. Im Anschluss konnte der Medizinstudierende sein weiteres Vorgehen durch Auswahl mehrerer Behandlungsschritte aus einem vorgegebenen Antwortpool beschreiben und zuletzt die angestrebten Untersuchungen auswählen. Der Medizinstudierende hatte die Möglichkeit die Anzahl der richtigen Antworten im Vorfeld einzusehen. Außerdem wurde das Interesse der Medizinstudierenden zu den beiden Krankheitsbildern – Fieber und Rückenschmerzen – sowie allgemein zur Diagnostik erfragt. Anschließend sollten die Medizinstudierenden ihr Vorwissen selbst einschätzen und am Ende des Pretest Fragen zu Cognitive Load [1] beantworten. Interesse, Wissens einschätzung und Cognitive Load konnten wiederum mit Hilfe eines Schiebereglers mit einer Likert-Skala von eins bis fünf eingeschätzt werden.

Die vier folgenden Fallsimulationen wurden nochmals aufgliedert in eine serielle beziehungsweise holistische Darstellungsform, die den Medizinstudierenden durch einen entsprechenden PIN per Los zufällig zugewiesen wurde. Der Reihe nach konnten die Medizinstudierenden die Fallsimulationen „Frau Hoffmann“, „Frau Klein“, „Frau Fischer“ und „Herr Maier“ bearbeiten.

Anschließend folgte ein **Verlaufstest**, in dem die Medizinstudierenden erneut zu Cognitive load befragt wurden. Weiterhin sollten sie Aussagen zu Presence und ihrer Emotion treffen. Alle drei Karten konnten mittels einer Likert-Skala von eins bis fünf beantwortet werden.

Eine Karte mit Platzhalter deutete den Medizinstudierenden nachfolgend zum Verlaufstest an, eine 15-minütige Trial zu machen.

Im weiteren Verlauf des Onlinetests folgten wiederum vier Fallsimulationen – „Herr Schneider“, „Herr Mueller“, „Herr Wagner“ und „Herr Schwarz“ – erneut untergliedert in eine den Medizinstudierenden zufällig zugewiesene holistische oder serielle Darstellungsform.

An die vier Fallsimulationen schloss sich ein **Posttest** an, der sich unterteilen ließ in Cognitive Load, Interesse, Motivation, Emotion, zehn Multiple-Choice Fragen, vier Key-Feature Fällen und Fragen zur Usability des erstellten Programms. Cognitive Load, Interesse, Motivation, Emotion sowie Usability konnten die Medizinstudierenden mit einem Schieberegler von eins bis fünf beantworten. Multiple-Choice und Key-Feature Fragen spielten wiederum auf die beiden Krankheitsbilder Fieber und Rückenschmerzen an. Die vier Key-Feature Fälle „Frau Mendel“, „Frau Vetter“, „Herr Genz“ und „Frau Herzog“ waren ähnlich zum Pretest wieder unterteilt in drei separate Karten. Zunächst sollte sich der Medizinstudierende wieder in die Situation einer Assistenzärztin/eines Assistenzarztes in einer internistischen Notaufnahme hineinversetzen und Aussagen zu Differentialdiagnosen, dem weiteren Vorgehen und den angestrebten Untersuchungen treffen. Auch hier wurde dem Medizinstudierenden im Vorfeld die richtige Anzahl der Antworten angegeben.

4.3.2 Die Fallsimulationen

Für die Erstellung der acht fiktiven Fallsimulationen wurde auf verschiedene Quellen zurückgegriffen. So konnte die Autorin, die selbst Medizinstudierende im 8. Semester war, sowohl

auf eigene Erfahrungen und ihr persönliches Wissen ausweichen als auch sich einer intensiven Literatur- und Internetrecherche bedienen.

Alle acht Fallsimulationen wurden basierend auf dem Lernprogramm CASUS entwickelt. Casus ist eine Online-Plattform zur Bearbeitung und Erstellung von Fallsimulationen. Sie wurde von der Instruct AG in Zusammenarbeit mit der AG Medizinische Lernprogramme (Institut für Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München) mit der Intention der Fortbildung von Medizinstudenten und Ärzten erstellt. Im Jahr 2006 wagte die INQA (Initiative Neue Qualität der Arbeit) mit CASUS den Sprung in die Klassenzimmer und führte eine Pilotstudie an Schulen zum Zweck der Ausweitung der Einsatzmöglichkeiten des Online-Lernprogramms CASUS durch [58]. Die benutzerfreundliche Aufmachung ermöglicht es auch einen Laien ohne Vorkenntnis in Informatik auf jedem Computer mit Internetverbindung und Standardbrowser (Microsoft Internet Explorer®, Mozilla Firefox® etc.) Lernfälle zu programmieren. Um Lernfälle erstellen und bearbeiten zu können, wird für den Autor von der Instruct AG ein Login (Email-Adresse) und ein Passwort, welches der Nutzer später eigenständig ändern kann, eingerichtet. Mit Hilfe dieser Daten kann sich der Autor auf der Internetseite www.casus.net einloggen. Ein eigens entwickelter Autorenmodus ermöglicht es, einzelne Karten unabhängig voneinander zu gestalten, die in Summe eine Online-Fallsimulation bilden. Jeder erstellte Fall ist in jenem Kartenformat aufgebaut. Dieses Grundgerüst einer Fallsimulation kann nochmals in einzelne Themenbereiche beziehungsweise Aufgabenfelder unterteilt werden und hat die Aufgabe der Veranschaulichung und der Gewährleistung eines besseren Verständnisses. Eine Fallsimulation kann zudem in vorliegender Arbeit wie bereits erwähnt entweder seriell oder holistisch gestaltet und multimedial präsentiert werden. Des Weiteren hat der Autor die Möglichkeit zwischen verschiedenen Typen der Antwortmöglichkeiten zu wählen (Schieberegler, Freitext, Multiple-Choice). Das Programm speichert alle Daten wie die Anzahl der bearbeiteten Karten, die Zeiterfassung und die Richtigkeit der beantworteten Fragen in einem Log-file – sprich elektronischem Benutzerprotokoll - ab, um diese dem Kursmanager anschließend in einer Excel-Tabelle zu präsentieren. Instruct AG bietet darüber hinaus den Service eines Emailsupports für auftretende Fragen oder etwaige Probleme an [59].

Die verwendete Bildgebung für die einzelnen Fallsimulationen konnte in Zusammenarbeit mit der Klinik und Poliklinik für Radiologie der Universität München – im Besonderen mit Dr. Hanna Zimmermann - mit aufgenommen werden.

Um eine höhere Spezifität der Daten anzustreben, begrenzte man das geforderte Wissen der Medizinstudierenden auf ein limitiertes Gebiet der Medizin. Die acht fiktiven Fallsimulationen bezogen sich somit wie bereits erwähnt lediglich auf zwei verschiedene Krankheitsbilder – Fieber und Rückenschmerzen. Um eine realistische Darstellung der Fälle sicherzustellen, bediente man sich zum einen der Illustrierung verschiedener Laborwerte und zum anderen der Präsentation bildgebender Verfahren wie Röntgenbild, CT oder auch MRT. Die Leistungsansprüche bei der Bearbeitung der Fallsimulationen sind als unterschiedlich zu bewerten. Während die fiktiven Fallsimulationen „Frau Hoffmann“, „Herr Müller“, „Herr Wagner“ und „Herr Schwarz“ zu den mittelschweren Fällen zählen, können die Lernfälle „Frau Fischer“ und „Herr Maier“ als leicht und sowohl „Frau Klein“ als auch „Herr Schneider“ als schwer eingestuft werden. Das Design der acht Fallsimulationen wurde in zwei unterschiedlichen Formaten wiedergegeben – dem Whole Case und dem Serial Cue Format.

Der Aufbau einer Fallsimulation im Whole Case Format gestaltete sich bei allen acht Patientenfällen gleich. Der Medizinstudierende erhielt auf Trial eins alle relevanten, aber auch irrelevanten Informationen zu dem vorliegenden Fall. Anamnese, Tests, Bildgebung und Befunde etc. wurden zusätzlich komprimiert auf jenem Fenster dargestellt. Anschließend erschien in der folgenden Karte ein Feld, in das der Medizinstudierende seine vermutete Diagnose eintippen konnte. Das Diagnosefeld war in Form eines Long-Menus aufgebaut, was dem Medizinstudierenden die Diagnosefindung erleichtern sollte. Mittels Karte drei und vier sollte der Medizinstudierende jeweils seine Herangehensweise an den Fall erläutern und abschließend ausführen, wie er den Patienten einen Kollegen vorstellen würde.

Gehe zu: [Top](#)

Navigation

Ihr Patient ist der **31 jährige Herr Müller**. Er stemmt seine Hand in die rechte Flanke und berichtet von stechenden Schmerzen im unteren Rücken rechts, nachdem er heute eine schwere Kiste angehoben habe. Der Schmerz strahle von der rechten Flanke nach oben und unten aus. Ein ähnliches Erlebnis vorher hätte der Patient noch nicht gehabt. Keine vorherigen Verletzungen des Rückens seien bekannt. Ebenso kein Fieber und keine Gewichtsabnahme. Er habe keine Empfindungsstörungen, keine Bewegungsstörungen und keine Probleme mit der Harn- und Stuhlkontinenz bemerkt. Eine Leistenhernien-Op sei als Kleinkind bei ihm durchgeführt worden. Keine Medikamenteneinnahme, keine Allergien bekannt. Er tränke keinen Alkohol und rauche nicht. Sein letzter Auslandsaufenthalt sei vor 2 Wochen auf Fuerteventura gewesen.

Vitalparameter: Körpertemperatur 37,5°C, Herzfrequenz 81 Schläge/min, Blutdruck 125/85mmHg.

Allgemeinzustand: Patient wach, voll orientiert und freundlich. Normalgewicht mit 75kg bei 1,79m, BMI 23,4. Die restliche Inspektion ist unauffällig.

Respiratorisches System: Beidseits sonoren Klopfeschall über der Lunge. Lungengrenzen sind atmerverschieblich. Atemgeräusch ist beidseits vesikulär. Keine Zyanosezeichen.

Kardiovaskuläres System: Herztöne deutlich auskultierbar. Keine Herzgeräusche vorhanden. Keine Strömungsgeräusche. Keine gestauten Jugularvenen

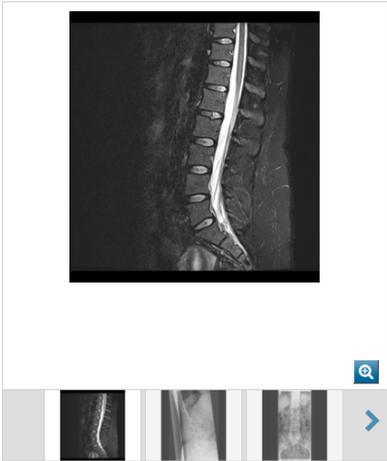
Gastrointestinales System: Regelrechte Darmgeräusche über allen vier Quadranten. Keine Flankendämpfung. Bauchdecke ist weich und ohne Abwehrspannungen. Keine Druckschmerzen und keine Resistenzen vorhanden. Leber perkutorisch 16 cm im MCL. Milz nicht palpabel.

Lymphknoten: Cervikal, axillar und inguinal keine vergrößerte Lymphknoten tastbar.

Wirbelsäule: Skoliose mit Rippenbuckel links. Druckschmerz und paravertebraler Hartspann über der LWS vorhanden. Kein Klopfschmerzhaftes Nierenlager. Valleix-Druckpunkte negativ, ohne Schmerzen.

Funktionstests: Finger-Fußboden-Abstand 0,5 cm. Ott- und Schobertest negativ. Lasègue-, Bragard- und Psoas-Zeichen negativ. 3 Stufen Hyperextensionstest Schmerzen in der LWS.

Neurologisch: Zehen-, Hacken- und Einbeinstand ausführbar. PSR, TPR und ASR seitengleich vorhanden. Keine Sensibilitätsstörungen feststellbar. Volle Kraftgrade erreichbar, 5/5.



Untersuchung	Ergebnis	Referenzwert
Erythrozyten (Mio./ul)	5,6	4,8-5,9
Hb (g/dl)	14,2	13,0-17,0
Hkt (%)	45	42-52

Abbildung 3: Whole Case Format

Den Aufbau einer Fallsimulation im Serial Cue Format könnte man als realitätsnäher beurteilen, da er sich stärker an den ersten Kontakt zwischen Arzt und Patient orientiert. Zunächst erschienen bei allen Patienten in jenem Format auf einer separaten Karte eine Einführung zu dem vorliegenden Fall mit der Darstellung der Situation einer Assistenzärztin/ eines Assistenzarztes in einer internistischen Notaufnahme und eine nachfolgende Anamnese mit Nennung des Leitsymptoms sowie zusätzlichen relevanten und irrelevanten Informationen. Anschließend konnte der Medizinstudierende zwischen den verschiedenen Informationen wie Körperliche Untersuchung, Labor, Serologie, HIV-Test oder Bildgebender Diagnostik etc. sukzessiv wählen. Zu den jeweiligen Patienten konnten im Serial Cue Format unterschiedliche Informationen vorliegen. Der Medizinstudierende hatte folglich die Möglichkeit selbstständig auszuwählen, welche Informationen für ihn als Nächstes essentiell sind und er im Anschluss betrachten möchte. Diese Informationen konnte der Teilnehmer dann auf separaten Seiten studieren. In welcher Reihenfolge die Informationen abgerufen wurden, wurde dem Medizinstudierenden überlassen. Der Medizinstudierende wurde auch darauf hingewiesen, dass die Anordnung der Untersuchungen willkürlich gewählt sei. Die drei abschließenden Karten unterschieden sich nicht vom Whole Case Format. Sie beinhalteten wiederum eine Diagnosekarte, die Beschreibung der Herangehensweise und die Vorstellung des Patienten bei einem Kollegen.

FrauHoffmann

Gehe zu: [Top](#)

Anamnese

Es kommt die **36-jährige Frau Hoffmann** zu Ihnen. Seit fast einer Woche bestehe ein fiebriger grippaler Infekt, ohne Anschein der Besserung. Zusätzlich bestünden Abgeschlagenheit, Appetitverlust und Übelkeit. Ebenso Durchfall. Keiner in der näheren Umgebung zeige die gleichen Symptome. Sie gibt an, keine Gelenkschmerzen zu haben. Sie habe keine Veränderung der Stuhl- und Urinfarbe bemerkt. Es seien keine Vorerkrankungen bekannt. Sie sei vor 20 Jahren nach einem Handgelenksbruch operiert worden. Medikamente nehme sie keine ein, bis auf homöopathische Globuli und homöopathische Tropfen bei Bedarf. Es sei eine Penicillin- und Nickelallergie bekannt. Sie sei Nichtraucherin und es bestünde gelegentlicher Alkoholkonsum. Eine Schwangerschaft sei ausgeschlossen. Sie sei vor einem Monat von einer Rundreise aus Costa Rica zurückgekehrt. Keine der empfohlenen Reiseimpfungen seien davor durchgeführt worden.

Bitte wählen Sie Ihren nächsten diagnostischen Schritt aus.

HINWEIS: Sie brauchen nicht jede hier aufgelistete Diagnostik, um die richtige Diagnose stellen zu können. Die Reihenfolge in der Navigation ist willkürlich gewählt.

Abbildung 4: Serial Cue Format

Folgende acht Fallsimulationen galt es zu beantworten:

Fallsimulation	richtige Diagnose
Frau Hoffmann	Diagnose: Hepatitis A
Frau Klein	Diagnose: Hyperthyreosis factitia
Frau Fischer	Diagnose: Osteoporotische Wirbelkörperfraktur
Herr Maier	Diagnose: Morbus Bechterew
Herr Schneider	Diagnose: Bakterielle Endokarditis
Herr Mueller	Diagnose: Lumbago
Herr Wagner	Diagnose: Spinalkanalstenose
Herr Schwarz	Diagnose: HIV-Infektion

Der vorwissensabhängige Vergleich der eben beschriebenen Darstellungsformate der Fallsimulationen wird durch Cand. Med. Valentina Jung in ihrer Dissertation mit dem Arbeitstitel "Fallbasiertes Lernen zur Förderung der Diagnosekompetenz: autonome Erkennung von Freitexten in einem Lernsystem" dargestellt.

4.3.3 Expertenevaluation

Die Überprüfung auf sachliche Richtigkeit der fertiggestellten Online-Fallsimulationen wurde durch einen Facharzt für Innere Medizin vorgenommen. Dem Experten wurden die acht Fallsimulationen zur Verfügung gestellt. Verbesserungsvorschläge seinerseits wurden überprüft und in die Fallsimulationen übernommen.

4.3.4 Messinstrumente

4.3.4.1 *Cognitive Load – Opfermann Trial*

Um den Cognitive Load der Medizinstudierenden, das heißt Überlappungen von kognitiven Prozessen innerhalb der Lernumgebung [54], zu erfassen, erfolgte eine dreimalige Messung - nämlich zum Zeitpunkt des Pretests, des Verlauftests und des Posttest unter Verwendung der validierten Opfermann-Skala [60]. Zunächst wurde mittels eines Items die subjektiv empfundene mentale Belastung der Medizinstudierenden – sprich der Intrinsic Cognitive Load – erfragt. Die folgenden drei Items analysierten die extrinsische kognitive Denkanstrengung, die mit dem instruktionalen Design verbunden ist. Der Germane Cognitive Load wurde wiederum mit einem Item erfragt.

4.3.4.2 *Emotion – Likert Skala*

Die Erfassung epistemischer Emotionen, das heißt jener Emotionen, welche durch kognitive Anforderungen an den Lernenden sowie der Verarbeitung neuer Informationen generiert werden, erfolgte jeweils mittels eines Items. Epistemische Emotionen implizieren zum Beispiel Überraschung, Neugier, Verwirrung, Angst, Frustration, Freude sowie Langeweile [61].

4.3.4.3 *Presence – Likert Skala*

Weiterhin sollten Aussagen zu Presence, also wie stark man sich auf die aktuelle Situation konzentrieren konnte, getroffen werden. Eine Einschätzung ihres Agierens in der Lernumgebung konnten die Medizinstudierenden mittels vier Items mit einer Likert – Skala von eins bis fünf zum Zeitpunkt des Verlauftests abgeben [62].

4.3.4.4 Motivation – Likert Skala

Die Motivation der Medizinstudierenden wurde jeweils vor der Bearbeitung der Onlinefallsimulationen und nach der Bearbeitung erfragt. Zum Zeitpunkt des Pretests konnten die Medizinstudierenden mit Hilfe einer Likert-Skala von eins bis sieben und vier Items ihre momentane Einstellung zur bevorstehenden Aufgabe einschätzen [46]. Beim Posttest hingegen erfolgte eine situationsspezifische Bewertung der abgeschlossenen Bearbeitung. Hier erfolgte die Einschätzung der Medizinstudierenden bezüglich ihrer Postmotivation jedoch mittels einer Likert-Skala von eins bis fünf und vier Items [63].

4.3.5 Durchführung

4.3.5.1 Explorative Pilotstudie

Zwischen dem 14. August und dem 1. September 2017 wurde eine Pilotstudie mit acht Medizinstudierenden durchgeführt, in der es galt problemorientiertes und analytisches Wissen der Medizinstudierenden zu reflektieren. Des Weiteren wollte man explorativ Herausfinden, welcher Zeitaufwand für das Lösen der Fallsimulationen notwendig war und in welchem Textumfang sich die Freitexte bei der Bearbeitung der Fallsimulationen bewegten, wenn man den Medizinstudierenden freie Hand ließ. Zudem hatte man die Intention einer Einteilung der Fallsimulationen in verschiedene Schwierigkeitsstufen durch vorherige Analyse der explorativen Daten der Pilotstudie. Die Medizinstudierenden erhielten eine Aufwandsentschädigung von 30 Euro bei Abschluss der Online-Fallsimulationen. Diese konnten die Medizinstudierenden von zu Hause aus am PC eigenständig abarbeiten. Von acht Medizinstudierende schlossen jedoch nur sechs die Fallsimulationen ab, die anderen zwei brachen vorzeitig ab. Daher kam man zu dem Schluss den Medizinstudierenden für die Bearbeitung eine Zeitspanne von drei Stunden mit 15-minütiger Pause zu gewähren und dass eine alleinige Aufforderung der Erstellung eines zusammenhängenden Textes bei der Beschreibung der Herangehensweise an den Online-Fallsimulation genüge. Basierend auf den Bearbeitungsergebnissen der Medizinstudierenden jener Pilotstudie konnte eine Einteilung der Online-Fallsimulationen nach unterschiedlichen Ansprüchen erfolgen. Während die Fälle „Frau Hoffmann“, „Herr Müller“, „Herr Wagner“ und „Herr Schwarz“ zu den mittelschweren Fällen gezählt werden konnten, wurden die Lernfälle „Frau Fischer“ und „Herr Maier“ als leicht und sowohl „Frau Klein“ als auch „Herr Schneider“ als schwer klassifiziert.

4.3.5.2 Hauptstudie

Die Erhebung der Famulus-Studie fand im Zeitraum zwischen dem 25. Oktober und dem 15. November 2017 in der Chirurgischen Klinik der Ludwigs-Maximilians-Universität München statt. Der Weg zum Veranstaltungsort wurde mit vier Wegweisern innerhalb der Chirurgischen Klinik ausgeschildert. Die Website mit den unterschiedlichen Fallsimulationen wurde zu jedem Zeitpunkt mit dem Firefox-Browser bereits vor Ankunft der Medizinstudierenden aufgerufen. Die Bearbeitung der Online-Fallsimulationen erfolgte an Dell Computern mit Windows 7 Enterprise und einem Intel® Core™ i5 CPU @3.10 GHz Prozessor an 22 Zoll LG Bildschirmen. Um ein Abschreiben zu unterbinden, ließ man stets einen freien Platz zwischen den einzelnen Medizinstudierenden. Beide Kursleiterinnen waren bei der Erhebung unauffällig gekleidet, um einen etwaigen Störfaktor auszuschließen und immer gleichbleibende Bedingungen zu schaffen. Die Gruppengröße bewegte sich zwischen einem und 13 Medizinstudierenden. Zunächst konnten alle Medizinstudierenden einen PIN per Los ziehen. Für Gruppe A und B gab es jeweils einen eigenen Lostopf mit einer ausgewogenen Anzahl an PINs für ein serielles beziehungsweise holistisches Darstellungsformat der Lernfälle, um an Ende der Studie eine Egalisierung der erhobenen Daten zwischen den einzelnen Gruppen zu gewährleisten. Mittels dieses PINs konnten sich die Medizinstudierenden anonym in die CASUS-Lernplattform einloggen. Vor Beginn der Bearbeitung der Online-Fallsimulationen erhielten alle Medizinstudierenden zudem eine vorgefertigte Einweisung und einen Antrag auf Auszahlung des Entgeltes, den die Medizinstudierenden ausfüllen sollten. Die Medizinstudierenden wurden anhand eines standardisierten Textes gebrieft, systematisch der Reihe nach die Fallsimulationen abzuarbeiten und die Freitexte in ganzen Sätzen zu formulieren. Sie wurden weiterhin darauf hingewiesen, dass die Datenerhebung mittels Einloggens eines Pins anonym sei und deshalb auch kein Grund bestehe, die Daten durch Unterschleif zu Gunsten der Testergebnisse zu verfälschen. Es wurde mit einem Puffer von fünf Minuten stets pünktlich begonnen. Medizinstudierende, die zu spät kamen, erhielten ihre Anweisung außerhalb des Seminarraumes, um den Bearbeitungsfluss der anderen Medizinstudierenden nicht zu stören. Die einzigen Interaktionen zwischen Versuchsleiter und Medizinstudierenden war eine Zeitansage alle 30 min, um den Teilnehmern zu vermitteln, wo sie momentan mit ihrer Bearbeitung stehen sollten. Trotzdem wurde den Medizinstudierenden freie Hand gelassen, ob sie sich mit ihrer Arbeitsgeschwindigkeit dem Zeitdruck anpassten. Auch beim Einhalten der Pausenzeit ließ man die Medizinstudierenden gewähren, ob sie die Pause im vollen Umfang nutzen möchten. Des Weiteren konnten die Medizinstudierenden den Kursleiterinnen per Handzeichen etwaige Fragen andeuten, die dann im Stillen mit dem jeweiligen

Kursteilnehmer geklärt werden konnten. Am Ende der Bearbeitung erhielten alle Medizinstudierenden als Dankeschön eine kleine Süßigkeit.

4.4 Datenaufbereitung und statistische Analyse

Die erhobenen Daten wurden bis zur statistischen Analyse auf dem Sever der INSTRUCT AG gespeichert. Anschließend wurden sie mittels der Tabellenkalkulationssoftware Excel 2000 von Microsoft exportiert und mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS („Statistical Package for the Social Sciences“) analysiert. Zunächst erfolgte eine deskriptive Auswertung der Daten des Kollektivs mit Ermittlung der relativen Häufigkeiten, Mittelwerte sowie Standardabweichungen. Um die linearen Abhängigkeiten der Daten des Medizinstudierendenkollektivs mit dem Grad an kognitiver Belastung zu überprüfen, bediente man sich der Pearson-Korrelation. Zu einem Zeitpunkt erhobene Messungen analysierte man mit Hilfe von MANOVA. Die einzelnen Komponenten des Cognitive Load wurden anhand einer messwiederholten ANOVA untersucht. Mittels einfacher linearer Regression sollte erörtert werden, ob sich bestimmte Parameter wie Emotion und Cognitive Load oder Motivation und Cognitive Load gegenseitig bedingen. Die Einteilung des Vorwissens erfolgte mit Hilfe eines Mediansplits durch die Enddaten des deklarativen Wissens der Medizinstudierenden während des Pretests. Der α -Fehlerniveau wurde als $p < .05$ definiert.

5. Ergebnisse

5.1 Analyse der Stichprobe

In einer vorangegangenen Stichprobe nahmen insgesamt 14 Medizinstudierende an der Pilotstudie teil. Zu einem erfolgreichen Abschluss brachten jedoch nur 50% der Medizinstudierenden die Fallsimulationen. Die interne Konsistenz der Pilotstudie zeigt eine Reliabilität mittels Cronbachs Alpha von 0,635 und kann somit als akzeptabel eingestuft werden.

5.2 Deskriptive Daten

Im Zeitraum vom 25. Oktober 2017 bis 15. November 2017 haben insgesamt 142 Medizinstudierende an der vorliegenden Studie teilgenommen. 102 davon waren weiblichen, 40 männlichen Geschlechts, was einer Verteilung von 71,8% zu 28,2% entspricht. Die Frauenquote entspricht in unserem Fall in etwa der Geschlechterverteilung im Medizinstudium. Demnach sind etwa 65 Prozent aller Studienanfänger weiblich [64]. Die Altersverteilung erstreckte sich von 21 Jahre bis 35 Jahre. Der Häufigkeitsgipfel lag mit 29 Medizinstudierenden (20,4%) bei einem Alter von 22 Jahren. Im Mittel waren die Medizinstudierenden 24,41 Jahre alt.

Der Tabelle 2 können weitere deskriptive Statistiken des Kollektivs entnommen werden.

Tabelle 2: Deskriptive Daten des Medizinstudierendenkollektivs

	M	SD	Anzahl (in %)
Geschlecht	w		102 (71,80%)
	m		40 (28,2%)
Trial	24,41		
Muttersprache	Deutsch		121
	Nicht-Deutsch		18
	mehrsprachig		3
Abiturnote	1,58	,56	
Physikumsnote	2,61	,85	
Semester	2. klinisches Semester		50 (35,2%)
	4. klinisches Semester		31 (21,8%)
	5. klinisches Semester		16 (11,3%)
	6. klinisches Semester		30 (21,1%)
	Praktisches Jahr		15 (10,6%)

5.3 Einfluss der Kontrollvariablen auf den Cognitive Load der Medizinstudierenden

Der Zusammenhang zwischen den Kontrollvariablen und dem Cognitive Load der Medizinstudierenden kann Tabelle 3 entnommen werden.

Eine messwiederholte ANOVA des Cognitive Load zeigte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Geschlecht, aktuellen Semester, Darstellungsformat der Fallsimulationen sowie etwaigen früheren Berufsausbildungen beziehungsweise belegten Studiengängen.

Signifikant war jedoch die Korrelation zwischen dem primären biologischen Wissen – hier Muttersprache – zu Cognitive Load im Verlauf. Der Multivariattest gab eine konstante Signifikanz von $p=,02$ sowie Wilks- $\lambda=,94$ für den Parameter „Zeitpunkte“ wider. Die Kombination der beiden Parameter „Zeitpunkte“ und „Muttersprache“ ergibt einen Wert von ,93 für Wilks- λ und eine dazugehörige moderate Signifikanz von $p=,05$.

Jedoch ist das Kollektiv der mehrsprachig aufgewachsenen Medizinstudierenden mit einer Gruppenstärke von drei nicht aussagekräftig

Weiterhin konnte keine signifikante Korrelation zwischen Cognitive Load der Medizinstudierenden und Alter sowie Abschlussnote der Abitur- beziehungsweise Physikumsnote festgestellt werden.

Tabelle 3: Einfluss der Kontrollvariablen auf Cognitive Load

		M	SD	r	p	N
Geschlecht	♀	2,70	,56			
	♂	2,74	,49			
Trial				,04	,61	142
Muttersprache	Deutsch	2,70	,05			
	Trial-Deutsch	2,78	,13			
	mehrsprachig	3,00*	,31			
Abiturnote				,05	,57	141
Physikumsnote				-,01	,95	142
Semester	viertes klinisches Semester	2,82	,10			
	fünftes klinisches Semester	2,50	,13			
Format	Serial Cue	2,71	,52			
	Whole Case	2,71	,56			
Berufsausbildung	Ja	2,94	,13			
	Nein	2,68	,05			
abgeschlossenes Studium		2,91	,63			
abgebrochenes Studium		2,66	,49			
kein Studium		2,70	,54			

5.4 Bildung des Mediansplits

5.4.1 Bildung des Mediansplits des Vorwissens

Die Berechnung der Verteilung des Vorwissens in hohes beziehungsweise niedriges Vorwissen erfolgte mit Hilfe eines Mediansplits durch das deklarative Wissen des Pretests. Jene Einteilung des Vorwissens wurde aufgrund der Möglichkeit des Vorziehens des Moduls 6 im Humanmedizinstudium präferiert, um eine Einteilung entsprechend des tatsächlichen Vorwissens der Medizinstudierenden und nicht aufgrund ihres aktuellen klinischen Semesters zu gewährleisten. Damit ergab sich bei den Medizinstudierenden mit niedrigem Vorwissen eine Gruppenstärke von 57 und bei den Medizinstudierenden mit hohem Vorwissen eine Gruppenstärke von 83.

5.4.2 Bildung des Mediansplits der Diagnoserichtigkeit

Zur Bildung eines Mediansplits in Bezug auf die Summe der Diagnoserichtigkeit (und Summe der Bearbeitungszeit) diente die Dichotomisierung in hohe versus niedrige Performer. Zur Gruppe der hohen Performer zählen Medizinstudierende mit $n > 4$ gelösten Fallsimulationen und zur Gruppe der niedrigen Performer Medizinstudierende mit $n < 4$.

5.5 Ergebnisse zum Cognitive Load der Medizinstudierenden

Als zentrale Strukturen der Cognitive Load Theorie nach Sweller (siehe Kapitel 2.2) werden nachfolgend jeweils die Ergebnisse zu Intrinsic, Extraneous sowie Germane Cognitive Load näher beleuchtet.

5.5.1 Ergebnisse zu Intrinsic Cognitive Load

Die nachfolgenden Seiten geben Auskunft über die Wechselwirkung des Intrinsic Cognitive Load von Medizinstudierenden mit Diagnoserichtigkeit und Bearbeitungszeit während der Bearbeitung von Fallsimulationen.

Frage 1:

Gibt es eine Wechselwirkung zwischen dem Intrinsic Cognitive Load und dem Vorwissen der Medizinstudierenden im Hinblick auf die Diagnoserichtigkeit und die Bearbeitungszeit, während dem Lernen mit Fallsimulationen?

Hypothese 1 a): Der Intrinsic Cognitive Load liegt bei Medizinstudierenden mit niedrigem Vorwissen höher als bei Medizinstudierenden mit hohem Vorwissen.

Eine messwiederholte ANOVA zeigt keine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Messzeitpunkt, Cognitive Load Trial und Vorwissen der Medizinstudierenden ($F(4,13)=1,13$; $p=,34$; n.s.).

Tabelle 4: Wechselwirkung Messzeitpunkt, Cognitive Load Skala, Vorwissen

	Hohes Vorwissen		Niedriges Vorwissen	
	M	SD	M	SD
Pretest	3,12	,07	3,32	,08
Verlaufstest	2,97	,09	3,35	,11
Posttest	3,12	,09	3,48	,12

Tabelle 4 illustriert den Verlauf des Intrinsic Cognitive Load vom Pretest bis hin zum Posttest von Medizinstudierenden mit hohem und niedrigem Vorwissen im Vergleich. Im Schnitt konnte ein Intrinsic Cognitive Load der Medizinstudierenden mit niedrigem Vorwissen von $M=3,38$ ($SD=,07$) festgestellt werden. Der Durchschnittswert des Intrinsic Cognitive Load der Medizinstudierenden mit höherem Vorwissen liegt mit $M=3,06$ ($SD=,06$) leicht darunter.

Hypothese 1 b): Niedrige versus hohe Performer bezüglich der Diagnoserichtigkeit bei der Bearbeitung der Fallsimulationen haben im Schnitt einen höheren Intrinsic Cognitive Load

Eine messwiederholte ANOVA demonstriert, dass die Wechselwirkung der Parameter Intrinsic Cognitive Load als abhängige Variable und niedrige versus hohe Performer bezüglich der Diagnoserichtigkeit bei der Bearbeitung der Fallsimulationen als unabhängige Variable mit $p=,39$ nicht signifikant ist ($F(4,135)=1,10$; $p=,39$; n.s.).

Der Mediansplit der Summe der Falllösungen liegt bei vier erfolgreich abgeschlossenen Fallsimulationen. Während niedrige Performer eine Gruppenstärke von 76 Medizinstudierenden aufweisen, können zu den hohen Performer 64 Medizinstudierende gezählt werden.

Tabelle 5: Wechselwirkung zwischen der Diagnoserichtigkeit und dem Intrinsic Cognitive Load

	hohe Performer		niedrige Performer	
	M	SD	M	SD
Pretest	3,13	,08	3,25	,07
Verlaufstest	2,78	,09	3,41	,09
Posttest	2,98	,1	3,49	,09

Oben abgebildete Tabelle 5 gibt den Verlauf des Intrinsic Cognitive Load während der Bearbeitung der Fallsimulationen hoher und niedriger Performer wieder. Niedrige Performer weisen in Schnitt einen Intrinsic Cognitive Load von $M=3,38$ ($SD=,06$) auf. Somit lagen hohe Performer mit einem Wert von $M=2,96$ ($SD=,07$) im Mittel leicht darunter.

Hypothese 1 c): Je stärker ausgeprägt der Intrinsic Cognitive Load, desto mehr Bearbeitungszeit wird in Anspruch genommen.

Trial man die Bearbeitungszeit in Korrelation zu dem Intrinsic Cognitive Load der Medizinstudierenden im Verlauf der Bearbeitung der Fallsimulationen, zeigt sich ein positiv linearer Zusammenhang zum Zeitpunkt des Verlaufstests ($r=,20$; $p=,02$; $N=141$). Das bedeutet, je höher der Intrinsic Cognitive Load während des Verlaufstests, desto mehr Zeit wurde für die Bearbeitung der Fallsimulationen in Anspruch genommen beziehungsweise je mehr Zeit die Medizinstudierenden für die Bearbeitung benötigten, desto höher fiel auch ihr Cognitive Load aus.

5.5.2 Ergebnisse zu Extraneous Cognitive Load

Weiterhin soll nachfolgend die Wechselwirkung von Variablen wie Darstellungsformat, Vorwissen der Medizinstudierenden und Diagnoserichtigkeit auf den Extraneous Cognitive Load eruiert werden.

Frage 2:

Wie beeinflussen das Darstellungsformat der Fallsimulationen und das Vorwissen der Medizinstudierenden den Extraneous Cognitive Load beim Lernen mit Fallsimulationen?

Hypothese 2 a): Das Serial Cue Format evoziert einen niedrigen Extraneous Cognitive Load als das Whole Case Format.

Tabelle 6: Deskriptive Statistik des Darstellungsformates und des Extraneous Cognitive Loads

	Serial Cue Format		Whole Case Format	
	M	SD	M	SD
Pretest	2,56	,09	2,63	,09
Verlaufftest	2,69	,1	2,8	,11
Posttest	2,71	,1	2,83	,11

Die Cognitive Load Skala als abhängige Variable steht in keinem signifikanten Zusammenhang ($p=,74$) zu den unabhängigen Variablen Messzeitpunkte und Darstellungsformat der Fallsimulationen ($F(4,14)=,5$; n.s.).

Die Tabelle 5 veranschaulicht den Verlauf des Extraneous Cognitive Load während der Bearbeitung der Fallsimulationen im Serial Cue und im Whole Case Format. Das Serial Cue Format provoziert in vorliegender Messung einen leicht ansteigenden Verlauf des Extraneous Cognitive Load während der Bearbeitung der Fallsimulationen. Der Durchschnitt liegt bei $M=2,65$ ($SD=,08$).

Auch beim Whole Case Format konnte ein kontinuierlicher Anstieg des Extraneous Cognitive Loads nachgewiesen werden. Im Schnitt zeigt sich ein Wert von $M=2,76$ ($SD=,09$). Somit ist der Extraneous Cognitive Load zu allen drei Messzeitpunkten bei einer Präsentation der Fallsimulationen im Whole Case Format höher angesiedelt, als bei jenen, die im Serial Cue Format dargestellt wurden.

Hypothese 2 b): Der Extraneous Cognitive Load ist bei Medizinstudierenden mit hohem Vorwissen im Trial Case Format höher als bei der Darstellung im Serial Cue Format.

Die Wechselwirkung der Parameter Cognitive Load Skala als abhängige Variable sowie Messzeitpunkte, Darstellungsformat der Fallsimulationen und Mediansplit des Vorwissens als unabhängige Variablen bei einer messwiederholten ANOVA ist mit $p=,59$ nicht signifikant ($F(4,13)=,71$; n.s.). Während die Medizinstudierenden mit hohem Vorwissen im Schnitt bei der Bearbeitung der Fallsimulationen im Whole Case Format einen Extraneous Cognitive Load von $M=2,59$ ($SD=,07$) aufweisen, liegt der Extraneous Cognitive Load bezüglich des Serial Cue Formats mit $M=2,65$ ($SD=,07$) leicht darüber.

Ein Hinweis auf einen „expertise reversal effects“ konnte demnach nicht gefunden werden.

Hypothese 2 c): Höheres Vorwissen evoziert einen niedrigeren Extraneous Cognitive Load.

Tabelle 7: Deskriptive Statistik des Vorwissens und des Extraneous Cognitive Loads

	hohes Vorwissen		niedriges Vorwissen	
	M	SD	M	SD
Pretest	2,7	,08	2,54	,1
Verlaufstest	2,58	,09	2,91	,11
Posttest	2,62	,1	2,92	,12

Eine messwiederholte ANOVA zeigt keinen signifikanten Zusammenhang der Parameter Cognitive Load Skala, Messzeitpunkte und Mediansplit des Vorwissens ($p=,59$; $F(4,13)=,71$; n.s.).

Wie Tabelle 7 illustriert, zeigen Medizinstudierende mit niedrigerem Vorwissen einen kontinuierlichen Anstieg des Extraneous Cognitive Load im Verlauf der Bearbeitung der Fallsimulationen. Medizinstudierende mit höherem Vorwissen weisen hingegen während des Pretests ihren maximalen Extraneous Cognitive Load auf. Im Schnitt konnte demnach ein minimal höherer Extraneous Cognitive Load bei Medizinstudierenden mit niedrigerem Vorwissen ($M=2,78$; $SD=,09$) nachgewiesen werden. Im Vergleich dazu lagen Medizinstudierende mit höherem Vorwissen mit einem Wert von $M=2,62$ ($SD=,08$) nur knapp darunter.

Hypothese 2 d): Ein hoher Extraneous Cognitive Load evoziert eine geringere Diagnoserichtigkeit.

Niedrige Performer zeigen mit einem Wert von $M=8,19$ ($SD=,24$) im Schnitt einen höheren Wert als hohe Performer ($M=7,89$, $SD=,26$).

Tabelle 8: Deskriptive Statistik der hohen und niedrigen Performer (Median der Diagnoserichtigkeit) und des Extraneous Cognitive Loads

	hohe Performer		niedrige Performer	
	M	SD	M	SD
Pretest	8,03	,27	7,66	,25
Verlaufstest	7,8	,32	8,38	,3
Posttest	7,83	,32	8,57	,3

Betrachtet man nun den Verlauf der Werte des Extraneous Cognitive Load zu den einzelnen Messzeitpunkten während der Bearbeitung der Fallsimulation in Bezug auf den Mediansplit der Falllösungen, so fällt ein kontinuierlicher Anstieg des Extraneous Cognitive Load in der Gruppe der niedrigen Performer auf. Hohe Performer hingegen wiesen ihren maximalen Extraneous Cognitive Load zum Zeitpunkt des Pretests auf. Der genaue Verlauf des Extraneous Cognitive

Load hoher und niedriger Performer kann aus oben abgebildeter Tabelle 8 entnommen werden. Die messwiederholte ANOVA ergibt keinen signifikanten Zusammenhang der abhängigen Variable Cognitive Load Skala zu den unabhängigen Variablen Messzeitpunkte und Mediansplit der Summe der Falllösungen ($p=,39$; $F(4,00)=1,04$; n.s.).

Hypothese 2 e): Ein hoher Extraneous Cognitive Load evoziert eine hohe Bearbeitungszeit.

Setzt man die Parameter Extraneous Cognitive Load und Bearbeitungszeit in Korrelation zueinander, so ergibt sich ein positiv linearer Zusammenhang während des Verlaufs- ($r=,22$; $p=,01$; $N=142$) und während des Posttests ($r=,19$; $p=,02$; $N=142$). Das bedeutet je höher der Extraneous Cognitive Load, desto mehr Zeit wurde für die Bearbeitung in Anspruch genommen beziehungsweise je länger die Medizinstudierenden für die Bearbeitung der Fallsimulationen brauchten, desto höher auch ihr Extraneous Cognitive Load.

5.5.3 Ergebnisse zu Germane Cognitive Load

In Kapitel 5.5.3 folgt die Analyse der Korrelation sowie der Wechselwirkung des Germane Cognitive Loads mit Variablen wie Presence, Bearbeitungszeit und Diagnoserichtigkeit.

Frage 3:

3.1 Gibt es bei Medizinstudierenden beim Lernen mit Fallsimulationen einen Zusammenhang zwischen Germane Cognitive Load und Presence?

Hypothese 3.1: Je höher der Germane Cognitive Load, desto höher auch die Presence.

Tabelle 9: Korrelation des Germane Cognitive Load zu Presence

Germane Cognitive Load	Presence		
	r	p	N
Pretest	-,18	,04	140
Verlaufstest	-,24	,00	141
Posttest	-,15	,08	141

Im Verlaufstest wurde erfragt, wie die Medizinstudierenden in der Lernumgebung agiert haben. Von 142 Medizinstudierenden machten 140 Aussagen zu ihrer Presence im Pre- und Verlaufstest.

Im Schnitt gaben die Medizinstudierenden mit einem Wert von $M=3,70$ ($SD=,86$) an, dass sie sich gut auf die anstehenden Aufgaben konzentrieren konnten und wenig abgelenkt waren. Mit einem minimalen Wert von 1 und einem maximalen Wert von 5 wurde die Likert-Skala in ihrem gesamten Umfang bedient.

Der Germane Cognitive Load weist zu allen drei Zeitpunkten der Messerhebung einen negativ linearen Zusammenhang zur Presence der Medizinstudierenden auf, das heißt je höher der Germane Cognitive Load, desto niedriger die Presence oder je niedriger die Presence, desto stärker ausgeprägt der Germane Cognitive Load. Die Korrelation zum Zeitpunkt des Pretests ist auf einem Niveau von $p=,04$ zweiseitig signifikant. Ebenso die Korrelation zum Zeitpunkt des Verlauftests mit einem Niveau von $p=,00$.

3.2 Gibt es einen Zusammenhang zwischen Germane Cognitive Load, Diagnoserrichtigkeit und Bearbeitungszeit?

Hypothese 3.2 a): Je höher der Germane Cognitive Load, desto mehr Fallsimulationen können die Medizinstudierenden lösen.

Eine messwiederholte ANOVA macht einen hoch signifikanten Zusammenhang der abhängigen Variable Germane Cognitive Load und der unabhängigen Variable Mediansplit der Falllösungen deutlich ($p=,01$; $F(2,14)=5,32$; $p.\eta^2=,07$).

Oben abgebildete Grafik illustriert den kontinuierlichen Anstieg des Germane Cognitive Load der niedrigen Performer im Verlauf der Bearbeitung der Onlinelernfälle. Hohe Performer weisen im Vergleich zu niedrigen Performern lediglich zum Zeitpunkt des Pretests einen höheren Germane Cognitive Load auf. Im weiteren Verlauf der Bearbeitung sinkt dieser Wert kontinuierlich. Im Schnitt hatten niedrige Performer einen Germane Cognitive Load von $M=2,39$ ($SD=,08$). Hohe Performer hingegen lagen mit $M=2,23$ ($SD=,08$) leicht darunter. Somit konnte die Hypothese nicht bestätigt werden.

Der Post-hoc-Test zeigt einen signifikanten Zusammenhang zwischen den beiden Gruppen hoher sowie niedriger Performer und dem Mediansplit der Falllösungen zum Zeitpunkt des Pretests.

Tabelle 10: Verlauf des Germane Cognitive Load während der Bearbeitung in Hinblick auf die Diagnoserichtigkeit

	hohe Performer		niedrige Performer	
	M	SD	M	SD
Pretest	2,40	,11	2,21	,10
Verlaufftest	2,19	,12	2,46	,11
Posttest	2,11	,13	2,49	,12

Hypothese 3.2 b): Medizinstudierende mit einem höheren Vorwissen sind in der Lage die Fallsimulationen in kürzerer Zeit zu bearbeiten.

Im Durchschnitt konnte nur ein sehr geringer zeitlicher Unterschied von ca. 7 sec. der beiden Vorwissensgruppen festgestellt werden. Eine messwiederholte Trial ergab keinen signifikanten ($p=,97$) Zusammenhang der beiden Messgrößen „Mediansplit des Vorwissens“ sowie „Summe der Bearbeitungszeit“. Medizinstudierende mit höherem Vorwissen benötigten somit im Schnitt weniger Zeit als Medizinstudierende mit niedrigerem Vorwissen zur Bearbeitung der Fallsimulationen.

5.6 Wechselwirkung zwischen Motivation der Medizinstudierenden und Diagnoserichtigkeit, Bearbeitungszeit und Cognitive Load

Im Folgenden werden die Wechselwirkungen zwischen der Prä- und Post-Motivation Medizinstudierender und den Variablen Diagnoserichtigkeit, Bearbeitungszeit sowie Cognitive Load während der Bearbeitung von Fallsimulationen aufgeführt.

Frage 4:

Welchen Effekt üben die Prä- und Postmotivation der Medizinstudierenden auf die Diagnoserichtigkeit, die Bearbeitungszeit und den Cognitive Load aus?

Hypothese 4a): Medizinstudierende mit hoher Prä-Motivation haben einen geringeren Cognitive Load.

Die Korrelation nach Pearson $r=,21$ konnte die Hypothese nicht unterstützen. Je höher die Prä-Motivation der Medizinstudierenden, desto höher auch ihr Cognitive Load beziehungsweise je höher ihr Cognitive Load, desto höher die Prä-Motivation der Medizinstudierenden. Diese Korrelation zeigt mit einem Wert von $p=,01$ hohe Signifikanz.

Hypothese 4 b): Je höher die Prä-Motivation, desto höher die Diagnoserichtigkeit.

Die Korrelation nach Pearson zeigt keinen signifikanten Zusammenhang der beiden ermittelten Datensätze „Mittelwert der Motivation“ und „Diagnoserichtigkeit“ ($r=-,53$; $p=,54$; n.s.).

Hypothese 4c): Hoch prä-motivierte Medizinstudierende bearbeiten die Fallsimulationen in kürzerer Zeit.

Auch hier konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Die Korrelation nach Pearson ergab für „Mittelwert der Motivation“ und „Summe der Bearbeitungszeit“ $r=-,02$; $p=,79$; n.s..

Hypothese 4 d): Medizinstudierende mit hoher Post-Motivation haben einen niedrigen Cognitive Load.

Die Post-Motivation wurde im Schnitt von den Medizinstudierenden mit einem Wert von $M=3,97$ ($SD=,54$) eingeschätzt. Der Mittelwert des Cognitive Load betrug in diesem Zusammenhang $M=2,71$ ($SD=,54$). Bei Untersuchung der Wechselbeziehung der beiden Messgrößen zeigt sich ein negativer linearer Zusammenhang ($r=-,23$). Das bedeutet, dass eine hohe Post-Motivation zu einer Minderung des Cognitive Load führt und umgekehrt. Diese Korrelation ist mit $p=,01$ hoch signifikant.

Hypothese 4 e): Hohe Post-Motivation resultiert aus einer hohen Diagnoserichtigkeit bei der Bearbeitung der Fallsimulationen.

Die Korrelation nach Pearson konnte diese Hypothese nicht belegen, da $r=-0,14$ und $p=,09$ keinen signifikanten Zusammenhang der beiden Parameter Post-Motivation und Diagnoserichtigkeit ergaben.

Zu Hypothese 4 f): Hohe Post-Motivation triggert eine kürzere Bearbeitungszeit der Fallsimulationen.

Es zeigte sich bei der Untersuchung der Auswirkungen der Post-Motivation der Medizinstudierenden auf die Bearbeitungszeit der Fallsimulation kein signifikanter Zusammenhang ($r=,08$; $p=,36$; n.s.).

5.7 Wechselwirkung zwischen Emotion der Medizinstudierenden sowie Diagnoserichtigkeit und Bearbeitungszeit

Im Kapitel 5.7 wird zunächst die deskriptive Statistik der affektiv erlebten Emotionen Medizinstudierender während der Bearbeitung von Fallsimulationen näher beleuchtet. Anschließend werden die Ergebnisse zu den Korrelationen zwischen Emotionen und Diagnoserichtigkeit und Bearbeitungszeit analysiert.

Die von den 142 Medizinstudierenden mit $M=3,93$ ($SD=,73$) am höchsten eingeschätzte Emotion war „neugierig“, am wenigsten eingeschätzt wurde „ängstlich“ ($M=1,52$; $SD=,78$). Die Mittelwerte der Emotionen sind in unten abgebildeter Tabelle 11 veranschaulicht.

Tabelle 11: Deskriptive Statistik der Emotionen

Emotion	M	SD
neugierig	3,93	,73
überrascht	2,60	,81
verwirrt	2,71	,94
ängstlich	1,52	,78
frustriert	2,57	1,15
begeistert	3,12	,78
gelangweilt	2,01	,79

Frage 5:

Welchen Effekt können die Emotionen der Medizinstudierenden auf die Diagnoserichtigkeit und die Bearbeitungszeit nehmen?

Hypothese 5 a): Medizinstudierende, die ein hohes Maß an negativen deaktivierenden Emotionen aufweisen, lösen im Schnitt weniger Fallsimulationen und benötigen bei der Bearbeitung mehr Zeit.

Es konnte ein negativ linearer Zusammenhang zwischen der Diagnoserichtigkeit und der Emotion „ängstlich“ ($r=-,40$; $p=,00$; $N=142$) festgestellt werden. Das bedeutet je ängstlicher die Medizinstudierenden waren, desto weniger Fallsimulationen lösten sie oder je niedriger die Diagnoserichtigkeit, desto ängstlicher waren die Medizinstudierenden. Die zwölf ängstlichsten Medizinstudierenden der Studie ($M=2,50$; $SD=1,04$) konnten nur eine einzige Fallsimulation erfolgreich abschließen. $p=,00$ spricht für eine sehr hohe signifikante Korrelation der beiden Parameter.

Die Korrelation nach Pearson ($r=-,00$) konnte weiterhin keinen signifikanten Zusammenhang ($p=,99$; n.s.) der beiden Parameter Bearbeitungszeit und der Emotion „verwirrt“ feststellen.

Des Weiteren erfährt die Hypothese keinen signifikanten Zusammenhang in Bezug auf die Korrelation der Parameter Bearbeitungszeit und der Emotion „Langeweile“ ($r=,00$; n.s.).

Eine hoch signifikante Korrelation ($p=,00$) ergab sich aus der Kombination der beiden Parameter „Trial der Falllösungen“ und der Emotion „frustriert“. Die Korrelation nach Pearson $r=-,36$ gibt an, dass das Maß an Frustration der Medizinstudierenden in einem negativen Zusammenhang mit der Anzahl der richtig gelösten Fallsimulationen steht, das heißt je frustrierter der Medizinstudierende war, desto weniger ist er in der Lage die Fallsimulationen adäquat zu bearbeiten beziehungsweise eine reduzierte Diagnoserichtigkeit äußert sich in einem höheren Grad an Frustration.

Außerdem gibt die Korrelation nach Pearson mit $r=,20$ einen positiv linearen Zusammenhang der beiden Parameter „Frustration“ und Bearbeitungszeit wider. Die Hypothese konnte somit bekräftigt werden. Ein hohes Maß an Frustration provoziert demnach eine längere Bearbeitungszeit der Fallsimulationen beziehungsweise eine gesteigerte Bearbeitungszeit äußert sich in einem höheren Frustrationsgrad. Die Korrelation der Messgrößen ist mit $p=,02$ hoch signifikant.

Hypothese 5 b): Medizinstudierende, die ein hohes Maß an positiven aktivierenden Emotionen aufweisen, lösen im Schnitt mehr Fallsimulationen und benötigen bei der Bearbeitung weniger Zeit.

Medizinstudierende mit dem höchsten Grad an Neugier, wiesen auch die höchste Diagnoserichtigkeit beim Lösen der Fallsimulationen auf. Im vorliegenden Fall konnten drei Medizinstudierende alle acht Fallsimulationen richtig lösen und waren dabei im Schnitt mit einem Wert mit $M=4,33$ ($SD=0,58$) außerordentlich neugierig. Sieben Fallsimulationen konnten acht Medizinstudierende mit einem durchschnittlichen Wert von $M=4,31$ ($SD=,46$) richtig bearbeiten. Bei den weniger neugierigen Medizinstudierenden sind die Ergebnisse nicht hinreichend eindeutig. Sowohl die vier Medizinstudierenden, die keine einzige Fallsimulation richtig lösen konnten als auch die zwei Medizinstudierende, die 5,5 Fallsimulationen erfolgreich abschließen konnten, waren im Mittel $M=3,50$ ($SD_{0,00}=,00$; $SD_{5,50}=2,12$) neugierig.

Des Weiteren ergab sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Parametern Diagnoserichtigkeit und der Emotion „neugierig“ ($r=,07$; $p=,40$; n.s.)

Hypothese 5 c): Gibt es ein Zusammenhang zwischen Geschlecht, Alter und den Emotionen „Frustration“ und „Ängstlichkeit“?

Es konnte ein höherer Grad an Frustration des weiblichen Geschlechts im Vergleich zum männlichen Geschlecht festgestellt werden. Während männliche Medizinstudierende im Schnitt einen Frustrationsgrad von $M=2,30$ ($SD=,18$) aufwiesen, zeigte sich bei weiblichen Medizinstudierenden ein Mittelwert von $M=2,68$ ($SD=,11$).

Auswirkungen des Geschlechts auf die Emotion „ängstlich“ sind zusätzlich feststellbar. Im Durchschnitt sind weibliche Medizinstudierende mit $M=1,57$ ($SD=,08$) bei der Bearbeitung der Fallsimulationen mit einem Wert von $M=1,41$ ($SD=,11$) geringfügig ängstlicher als ihre männlichen Kommilitonen.

Die Korrelation nach Pearson ergab keine signifikante Einflussnahme des Alters auf die Emotion „frustriert“ und umgekehrt ($r=-,04$; $p=,63$; n.s.).

Auch konnte ein Zusammenhang zwischen der Emotion „ängstlich“ und Alter der Medizinstudierenden nicht festgestellt werden ($r=,06$; $p=,77$; n.s.).

6. Diskussion der Ergebnisse

Ein didaktisches Hauptziel in der medizinischen Lehre ist es, klinische Denkansätze mit Hilfe von problemorientiertem Lernen zu fördern. Da virtuelle Fallsimulationen eine immer wichtigere Rolle in der medizinischen Ausbildung spielen, wurden in vorliegender Studie acht Fallsimulationen evaluiert, um die Anwendung von Wissen bei Medizinstudierenden zu fördern. Diese Studie untersucht, welchen Effekt Fallsimulationen auf Cognitive Load [1] haben sowie welche Emotion und Motivation mit dem Lernen von klinischem Denken mittels Fallsimulationen verbunden sind. Es wurde gezeigt, dass sich eine Auseinandersetzung der Medizinstudierenden mit Fallsimulationen positiv auf den Lernprozess auswirkt. Die Ergebnisse werden im Folgenden diskutiert.

6.1 Diskussion der Ergebnisse zu Intrinsic Cognitive Load

Zunächst sollen die Ergebnisse zu Intrinsic Cognitive Load und Bearbeitungszeit, Vorwissen der Medizinstudierenden sowie Diagnoserichtigkeit näher beleuchtet und diskutiert werden

Vorliegende Studie ergab einen signifikanten Zusammenhang zwischen Intrinsic Cognitive Load und Bearbeitungszeit. Medizinstudierende mit einem hohen Intrinsic Cognitive Load nahmen hier im Schnitt mehr Zeit für die Bearbeitung in Anspruch. Es konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen individuellem Vorwissenstand der Medizinstudierenden beziehungsweise der Diagnoserichtigkeit bei der Bearbeitung der Fallsimulationen und dem Intrinsic Cognitive Load festgestellt werden.

Je vertrauter Medizinstudierende mit dem Lernstoff waren, desto niedriger war auch ihr Intrinsic Cognitive Load, was durch eine leichtere Wissensverarbeitung aufgrund möglicher höherer Elementinteraktivität [3] erklärt werden könnte. Der kognitive Ressourcenverbrauch könnte hier durch Filterung und Bewertung der einzelnen Informationen in Bezug auf ihre Relevanz minimiert gewesen sein, was zu einer effektiveren Wissensverarbeitung und -anwendung geführt haben könnte. Implizites Wissen ist jedoch nicht verbalisierbar und wird unbewusst automatisiert [65], weshalb es keine Evidenz dafür gibt, ob der niedrige Intrinsic Cognitive Load durch einen gesteigerten Vorwissenstand der Medizinstudierenden erklärt werden kann oder durch verminderte Elementinteraktivität provoziert wurde. Das Modell nach Paas unterscheidet in diesem Zusammenhang drei Elemente. Auf der einen Seite stehen verschiedene

Aufgabencharakteristika wie Neuheit oder Komplexität. Auf der anderen Seite dürfen aber auch subjektive Aspekte wie das Vorwissen nicht vernachlässigt werden. Das dritte Element bezieht sich auf die Wechselwirkung zwischen dem Lernenden und der vorliegenden Aufgabe, nämlich der Motivation. Paas führt weiterhin aus, dass die kognitive Belastung durch das Lernmaterial nicht beeinflussbar ist. Er bezeichnet diesen Vorgang als „mental load“. Die mentale Anstrengung sprich „mental effort“ ist aber durchaus beeinflussbar [66]. Das bedeutet, dass nicht nur der alleinige Vorwissenstand, sondern Motivation der Medizinstudierenden Einfluss auf Höhe des Intrinsic Cognitive Load nimmt.

Da es weiterhin bei einem erhöhten Intrinsic Cognitive Load – wie bereits erwähnt - zu einem gesteigerten kognitiven Ressourcenverbrauch kommen kann [3], liegt die Vermutung nahe, dass Medizinstudierende mit einem niedrigen Intrinsic Cognitive Load eine höhere Diagnoserichtigkeit erzielen können. In vorliegender Studie konnte jedoch kein Hinweis darauf gefunden werden, dass die Annahme stimmt. Hohe Performer bezüglich der Diagnoserichtigkeit hatten im Mittel einen geringeren Intrinsic Cognitive Load als niedrige Performer. In Hinblick auf den Intrinsic Cognitive Load ist jedoch eine Überforderung beziehungsweise ein Scheitern der Medizinstudierenden sogar erwünscht und zwar dann, wenn Intrinsic Cognitive Load und intendiertes Lernziel übereinstimmen, da somit deontisch Rückschlüsse auf die Leistungsbereitschaft der Medizinstudierenden genommen werden können [67]. Somit kann stupides Auswendiglernen umgangen und Verständnislernen initiiert werden. Sweller sah den Faktor „Intrinsic Cognitive Load“ als nicht variierbar an [68]. Jedoch kann mit einer Änderung des Komplexitätsgrades die individuelle Elementinteraktivität variiert und der Intrinsic Cognitive Load somit durchaus beeinflusst werden [69].

Aus diesem Grund sollte bei der Auswahl des Lernstoffes darauf geachtet werden, dass von der alleinigen Aneinanderreihung von Lerninhalten abgesehen wird und Lernelemente miteinander verknüpft werden, um den Lernenden zu fordern und durch bewusste Steigerung des Intrinsic Cognitive Load gezielt zu fördern.

6.2 Diskussion der Ergebnisse zu Extraneous Cognitive Load

Im Folgenden werden die Ergebnisse zu Extraneous Cognitive Load diskutiert.

In vorliegender Studie konnte lediglich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Bearbeitungszeit und Extraneous Cognitive Load gezeigt werden. Beide Parameter bedingen sich gegenseitig positiv.

Darstellungsformat, Vorwissen oder Diagnoserichtigkeit waren in keinem signifikanten Wechselspiel mit Extraneous Cognitive Load. Auch der „expertise reversal effect“ konnte nicht bestätigt werden.

Das Serial Cue Format ermöglicht durch seinen speziellen Aufbau eine Art Vorstrukturierung einzelner Informationseinheiten. Das Whole Case Format vermag hingegen durch einen Informationsüberfluss eine Kohärenzbildung zu limitieren [70]. Eine Kohärenzbildung ist vor allem dann möglich, wenn sich die einzelnen Lerninhalte aufeinander beziehen und logisch ergänzen [71]. Durch Filterung redundanter Informationen sowie die gezielte Suche nach versteckten Informationen im Whole Case Format, müssen für die Bewältigung der vorliegenden Aufgabe zusätzliche Ressourcen aufgewendet werden [67], was den gesteigerten Extraneous Cognitive Load erklären könnte. Auch ein Instruktionsdesign mit irrelevanten Illustrationen kann eine Beanspruchung zusätzlicher Ressourcen provozieren. Folglich fehlen jene Ressourcen wiederum beim eigentlichen Lernprozess. In diesem Zusammenhang spielt auch die Anordnung von zielführenden Textpassagen beziehungsweise relevanten Bildmaterials eine entscheidende Rolle. Während eine Anordnung wie beim Serial Cue Format auf verschiedenen Fenstern zusätzliche Ressourcen in Anspruch nehmen könnte, könnte durch ein geordnetes Design der Suchaufwand minimiert werden [72]. Ein gesteigerter Extraneous Cognitive Load könnte hierbei die Schnelligkeit der Informationsfilterung limitieren, was in einer längeren Bearbeitungszeit resultieren könnte.

Expertise reversal effect:

Die „Expertise reversal effect-theory“ geht davon aus, dass Instruktionshilfen bei Lernenden mit fortgeschrittenen Vorwissen („Experten“) im Vergleich zu Lernenden mit wenig Vorwissen („Novizen“) [31] einen eher negativen pleonastischen Effekt auf die Güte der nachfolgenden Bearbeitung haben.

In Bezug auf jenen „expertise reversal effect“ liegt die Vermutung nahe, dass Medizinstudierende mit einem hohen Vorwissen bei der Bearbeitung der Fallsimulationen im Whole Case Format einen höheren Extraneous Cognitive Load aufweisen, als Medizinstudierende mit einem niedrigeren Vorwissen. Redundante Informationen könnten demnach zu Interferenzen führen, was wiederum eine Überbelastung der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses der Medizinstudierenden obgleich hohen Vorwissens provozieren könnte. Jedoch konnte diese Annahme in vorliegender Studie nicht belegt werden. Im Gegenteil, die Darstellung der Fallsimulationen im Serial Cue Format

provozierte bei Medizinstudierenden mit höherem Vorwissen einen gesteigerten Extraneous Cognitive Load. Nach Kalyuga lässt sich dieser „expertise reversal effect“ eindämmen, indem das Instruktionsdesign verstärkt an den individuellen Lernenden angepasst wird [31].

Eine Kombination von Text und Bild muss nicht immer zwangsläufig zu einem besseren Lerneffekt führen. Eine inadäquate Präsentation multimedialer Lernhilfen kann ein Lernender mit hohem Vorwissen auch als eher störend empfinden [73]. Daher kann man davon ausgehen, dass, durch die vorangehende Pilotstudie und die darauffolgende Evaluierung der virtuellen Patienten in Hinblick auf Schwierigkeitsgrad und Bearbeitungszeit, eine genaue Adaption der Lernfälle auf die Lernenden gelungen ist. Jede Form der Repräsentation markiert lediglich nur bestimmte Teilaspekte, weshalb multirepräsentationales Lernen als vorteilhaft angesehen werden kann [74] und zukünftig angestrebt werden sollte.

6.3 Diskussion der Ergebnisse zu Germane Cognitive Load

Nachfolgend werden die Auswirkungen des Germane Cognitive Load auf Parameter wie Presence, Diagnoserichtigkeit und Bearbeitungszeit näher diskutiert.

In vorliegender Studie konnte ein negativ linearer Zusammenhang der beiden Messgrößen Germane Cognitive Load und Presence der Medizinstudierenden festgestellt werden. Das bedeutet je höher die Medizinstudierenden ihren Germane Cognitive Load einstufen, desto geringer war ihre Fähigkeit sich auf die aktuelle Situation zu konzentrieren.

Da sich der Germane Cognitive Load auf die mentalen Ressourcen bezieht, die dazu dienen, Schemata im Langzeitgedächtnis zu erfassen und zu automatisieren [32], würde man eher davon ausgehen, dass die Presence in einem positiven Zusammenhang mit dem Germane Cognitive Load steht. Auch bei der Diagnoserichtigkeit zeigt sich ein widersprüchlicher Zusammenhang. Niedrige Performer bezüglich der Diagnoserichtigkeit wiesen einen höheren Germane Cognitive Load als hohe Performer auf.

Vorliegende Studie widerspricht somit Bjorks These von den „desirable difficulties“. Er geht davon aus, dass durch Kreierung komplexer Bedingungen während des Lernprozesses, eine langfristige Beibehaltung von Wissen generiert werden kann [75], was sich in unserem Fall bei einem gesteigerten Germane Cognitive Load in einer gesteigerten Diagnoserichtigkeit äußern müsste. Da jedoch Intrinsic, Extraneous und Germane Cognitive Load als Einheit betrachtet werden müssen,

könnte ein Ressourcenverbrauch des Arbeitsgedächtnisses zum Beispiel in Bezug auf Intrinsic der Medizinstudierenden, sich auch negativ auf in Germane Cognitive Load resultierende Lernprozesse ausgewirkt haben [76]. Auch eine Dezimierung des Extraneous Cognitive Loads durch Optimierung des Instruktionsdesigns, könnte eine Steigerung der verbleibenden Ressourcen für den Germane Cognitive Load generieren [77]. Letztlich ist jedoch der Germane Cognitive Load per definitionem eher vom Lernenden als vom eigentlichen Lernmaterial abhängig [78] und es bleibt somit offen, wieviel der Lernende von seinen verbleibenden Ressourcen für die Umwandlung des Gelernten in Schemata aufwendet.

Möglichkeiten der Maximierung des Germane Cognitive Trial sind in diesem Sinne stark limitiert. Eine Möglichkeit wäre es jedoch den Lernenden Lösungsstrategien mit an die Hand zu geben, um die verbleibenden Kapazitäten nicht zu überlasten (z.B. Identifikation, der für die Lösung relevanten Passagen im Textabschnitt, durch farbliches Hervorheben oder Lösungsbeispiele etc.).

6.4 Diskussion der Ergebnisse zu Motivation

Weiterhin sollen im folgenden Abschnitt die Ergebnisse zur Prä- und Post-Motivation der Medizinstudierenden bei der Bearbeitung der acht Fallsimulationen diskutiert werden.

Die Medizinstudierenden wurden zu zwei Zeitpunkten hinsichtlich ihrer motivationalen Haltung erfragt. Ihre Prä-Motivation war in Bezug auf den Cognitive Load positiv korreliert. Nicht signifikant war das Wechselspiel zwischen der Prä-Motivation und den Parametern Diagnoserichtigkeit und Bearbeitungszeit. Kongruent verhielt es sich zur Post-Motivation.

Motivationales Handeln sollte differenziert betrachtet werden. Zu unterscheiden gilt, aus welchen motivationalen Gründen jemand etwas tut und insbesondere auch, warum jemand etwas nicht tut [79]. Locke sah in diesem Zusammenhang ein Wechselspiel zwischen gesteigerter Zielsetzung und besserer Leistung [80]. Ein derartiges selbstbestimmtes Handeln kann als eine Form der „Introjektion“ betrachtet werden. Das bedeutet, die Handlungsregulation erfolgt auf einem Gefühl der sozialen Zugehörigkeit. Eine weitere Form der Selbstregulation bezieht sich auf die „Identifikation“. In diesem Fall sieht der Lernende den Lernstoff als für ihn bedeutsam an. Als höchste Stufe des selbstregulierten Lernens wird die „Integration“ angesehen. In dieser Hinsicht weisen die Lernenden aus interessenstheoretischer Sicht die höchste Motivation auf. Eine externe Regulation ist hingegen immer mit einer Belohnung beziehungsweise Strafe korreliert [81]. Da in

vorliegender Studie die Medizinstudierenden für ihre Teilnahme mit einer Incentivierung von 50 € belohnt wurden, kann eine extrinsische Motivation, welche auch aversives Handeln generiert, nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Da jedoch die Fallsimulationen auf die beiden Krankheitsbilder Rückenschmerzen und Fieber anspielen und somit ein für einen Medizinstudierenden relevantes Themengebiet umfassen, kann davon ausgegangen werden, dass aus intrinsisch motivationaler Sicht zumindest eine „Integration“ vorliegt. Die empirische Forschung zeigt, dass autonome Formen des Lernens einen gesteigerten Lernerfolg generieren im Vergleich zu heteronomen Formen [4].

Ein wichtiger Faktor bei der Optimierung des Lernerfolges könnte in diesem Sinn eine Minimierung einer Amotivation sein. Jene Optimierung könnte entweder extern oder intern gesteuert werden. Eine externe Steuerung könnte durch den Lehrer durch Belohnung – zum Beispiel durch Lob oder Anerkennung – erfolgen. Eine interne Steuerung könnte durch Befriedigung sogenannter „basic needs“ (Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit) erfolgen. Autonomie meint in diesem Zusammenhang Selbstbestimmung, Kompetenz spiegelt hierbei beim Lernenden wieder auf etwas Einfluss nehmen zu können und das Bedürfnis der sozialen Eingebundenheit könnte durch Arbeiten im Team gestillt werden [82].

6.5 Diskussion der Ergebnisse zu Emotion

In vorliegender Studie galt es weiterhin zu klären inwiefern Emotionen Einfluss auf die Bearbeitung der Online-Fallsimulationen nehmen können.

Die Evaluation der acht Fallsimulationen zeigte, dass vor allem negative Emotionen wie Angst und Frustration eine Hemmung des Lernerfolges provozieren. So konnte ein signifikanter negativ linearer Zusammenhang der drei Parameter Angst, Frustration und Diagnoserichtigkeit festgestellt werden. Positiven Emotionen wie Neugier oder Begeisterung konnte keine eindeutige Affektion zugeordnet werden. Während sich Begeisterung negativ auf die Erfolgsquote ausübte, wurde Neugier mit mehr gelösten Lernfällen belohnt. Emotionen wie Überraschung, Verwirrung oder Langeweile generierten hingegen einen höheren Lernerfolg. Signifikanz konnte bei positiv besetzten Emotionen jedoch nicht nachgewiesen werden.

Eine mögliche Erklärung des schlechteren Abschneidens ängstlicher beziehungsweise frustrierter Medizinstudierender, könnte eine etwaige Dissipation ihrer Aufmerksamkeit sein. Während

positive Emotionen problemorientiertes Selbstvertrauen evozieren und hohes Engagement triggern [5], könnte eine Verlagerung der Konzentration auf einen negativen Gemütszustand den Leistungsabruflimitieren. Frustration und Angst evozieren des Weiteren einen höheren Stresslevel der Medizinstudierenden [83]. Man könnte zudem davon ausgehen, dass negative Emotionen die Generierung eines sogenannten „Flows“ nach Csikszentmihalyi kontingieren. Ein „Flow“ tritt immer dann auf, wenn eine Egalisierung von Leistungsanforderung und Kompetenz des Lernenden vorliegen. In diesem Fall kommt es zu einem Ausblenden eigener Selbstzweifel, der Bildung eines Leitfadens und einer Autotelie [84].

Darüber hinaus scheint die Frustration der Medizinstudierenden auch hoch signifikante Auswirkungen auf die Bearbeitungszeit der Fallsimulation zu haben. Dies könnte damit erklärt werden, dass Stressoren eine Aktivierung des Hypothalamus durch die Amygdala provozieren, was schließlich zu einer Ausschüttung des Stresshormons in der Nebennierenrinde über die Hypophyse führt. Sieht sich nun der Lernende mit einer überfordernden, frustrierenden Komplexität der vorliegenden Aufgabe konfrontiert, kommt es zu einem übersteigertem Stresslevel und die regulatorische Feedbackschleife zur Hemmung weiterer Cortisolausschüttung versagt [85]. Jedoch konnten Laboruntersuchungen die Validität zwischen Leistung und Cortisolausschüttung nicht hinreichend belegen. So konnte bisweilen nur eine widersprüchliche Korrelation des Cortisolspiegels im Blut und dem Leistungsabrufl der Lernenden feststellen [86]. Um die Validität der erhobenen Daten zu prüfen, wäre es interessant, wie sich die kognitive Belastung zum Beispiel bei animiertem Bildmaterial verhält und Parameter wie Puls, Herz- und Atemfrequenz mit in die Berechnung aufzunehmen.

Des Weiteren würden eher positive Emotionen eine kognitive Flexibilität fördern, was eine Reduzierung der Fokussierung und die Möglichkeit einer breiteren Informationsverarbeitung impliziert [87]. Eine anstehende Aufgabe kann durch den Lernenden entweder als positiv, im Sinne einer neuen Herausforderung oder als negativ, assoziiert mit einer Bedrohung und Versagensängsten, gewertet werden [88]. Frustrierte Medizinstudierende sehen in einer anstehenden Aufgabe offensichtlich mehr den bedrohenden Charakter mit den darin verbundenen Möglichkeiten des Scheiterns. Im Sinne einer „primären Bewertung“ nach Lazarus werden externe Ereignisse zunächst subjektiv mit den etwaigen Folgen für die eigene Person evaluiert verbunden mit der Einschätzung der eigenen Bewältigungsmöglichkeit [89]. Hans Selye führte 1974 eine Unterscheidung zwischen positiven Stress („Eustress“) versus negativen Stress („Distress“) ein. Während negativer Stress sich destruktiv auf Körper und Geist auswirken kann, evoziert positiver Stress den maximalen Leistungsabrufl [90].

Als Konsequenz sollten vor allem dysfunktionale Gedanken minimiert werden, da Emotionen vor allem auf der bedürfnisorientierten Bewertung von Situationen fußen [91]. Als Beispiel dient hierbei die Reduzierung der Prüfungsangst durch das mögliche Szenario des Scheiterns. Daher sollte ein Augenmerk daraufgelegt werden, das Lernumfeld in der Art zu gestalten, dass positive Emotionen induziert werden. Geschehen könnte dies zum Beispiel mit einer optimierten Farbgestaltung oder durch ein emotionales Design mittels runder im Gegensatz zu eckiger Formen [92].

7. Limitation

Eine Generalisierbarkeit der Ergebnisse der vorliegenden Studie ist zum einen durch eine begrenzte Anzahl an Medizinstudierenden und zum anderen durch die Möglichkeit des Unterschleifs durch die Bearbeitung der Fallsimulationen an Computern mit Internetzugang limitiert. Jedoch kann die Kollektivgröße mit 142 Medizinstudierenden als hoch eingestuft werden. Zudem wurde versucht durch Aufsichtspersonal den unbemerkten Unterschleif zu unterbinden.

Weiterhin war vorliegende Studie limitiert durch Unausgeglichenheit bezüglich der Geschlechterverteilung. Demnach waren 71,8% der Medizinstudierenden weiblichen Geschlechts, was in etwa der Geschlechterverteilung im Medizinstudium (65% ♀) entspricht [64].

Des Weiteren konnten die Medizinstudierenden nur eine begrenzte Anzahl von Fallsimulationen bearbeiten. Mit acht Fallsimulationen kann vorliegende Studie jedoch mit trial gewissen Diversität aufwarten.

Zudem könnte die Ähnlichkeit der beiden Darstellungsformate zu einer Limitation etwaiger Effekte geführt haben. Sowohl das Whole Case als auch das Serial Cue Format weisen denselben Informationsgehalt auf. Während beim Whole Case Format relevante aber auch irrelevante Informationen samt Bildgebung auf einem Fenster dargestellt wurden, konnte der Medizinstudierende beim Serial Cue sukzessiv zwischen den einzelnen Informationen durch Klick auf eine Schaltfläche wählen.

Zusätzlich limitiert ist vorliegende Studie durch die Verwendung lediglich eines Tools bei der Datenerhebung. Lösungsbeispiele fehlen. Jedoch konnten auch ohne weitere Tools signifikante Effekte gefunden werden.

Darüber hinaus können Emotionen nur schwer vorhergesagt werden und neigen zu einer gewissen Sprunghaftigkeit und Inkonsequenz [35]. Auch können sie sich im Laufe der Bearbeitung einer Aufgabe ändern [93]. Um dieser Unstetigkeit der Emotionen entgegenzuwirken, wurden diese in vorliegender Studie dreimal abgefragt.

Trial ist Messung der Korrelation zweier beziehungsweise mehrerer Variablen immer problematisch zu bewerten, da nicht auf die Richtung des Einflusses geschlossen werden kann. Erst zukünftige Studien mit der Erhebung ähnlicher Daten und erneute Evaluationen sind in der Lage, derartige Hypothesen zu untermauern und empirisch abzusichern, um etwaige Dissonanzen ausschließen zu können.

Die wissenschaftliche Aussagekraft ist weiterhin dadurch limitiert, dass die vorliegende Studie nicht an mehreren klinischen Zentren durchgeführt wurde und die Effekte somit durch die Angestellten jener Institution beeinflusst worden sind.

8. Ausblick

„Wer denken lässt, wird kein Experte!“ (Manfred Spitzer) [94]

Die neue Approbationsordnung für Ärzte von 2002 impliziert problemorientiertes fallbasiertes Lernen in der medizinischen Lehre zur Förderung individueller Diagnosekompetenzen. Bis zum jetzigen Zeitpunkt ist noch nicht hinreichend geklärt, in welchem Zusammenhang Cognitive Load [1], Emotion und Motivation bei der Bearbeitung von Fallsimulationen stehen. In vorliegender Studie galt es eben jenes Wechselspiel näher zu beleuchten. Die Ergebnisse vorliegender Studie geben Hinweise auf eine positive Korrelation zwischen Intrinsic Cognitive Load und Bearbeitungszeit. Negativ korreliert hingegen sind die beiden Parameter Germane Cognitive Load und Presence. Prä- und Postmotivation zeigen einen signifikanten Zusammenhang mit Cognitive Load. Negativ besetzte Emotionen provozieren in vorliegender Studie eine geringere Diagnoserichtigkeit beziehungsweise eine höhere Bearbeitungszeit und umgekehrt. Der leistungsthematische Hintergrund der Bearbeitung der Fallsimulationen könnte einen kognitiven beziehungsweise emotionalen oder motivationalen Ressourcenverbrauch evoziert haben, sei es durch eine gesteigerte Elementinteraktivität in Bezug auf den Cognitive Load [3], die motivationale begründete Form warum man etwas tut [45] oder die Limitation des Lernerfolges durch negative Affektionen [40].

Die Zukunft wird sich dahingehend entwickeln, dass sowohl die Wissensvermittlung als auch das Lernen grundlegend revolutioniert werden [95]. In unserer modernen Gesellschaft gilt es, die Attraktivität des Lernmaterials an die zunehmende Digitalisierung anzupassen [96]. Durch Nutzung verschiedener Plattformen wie Smartphone, Tablet oder Laptop können bereits heutzutage Zeitfenster wie Busfahrt, etwaige Wartezeiten etc. effizienter in Hinblick auf neue Lernstrategien genutzt werden. Auch wird E-learning in naher Zukunft dazu führen, dass rein informelles Lernen in den Hintergrund tritt und verstärkt ein Augenmerk auf die Anwendung jenes Wissens sowie die Potentialentfaltung Lernender gelegt wird. Die dezidierte Anwendung wird zu einer Minimierung der Wiedergabe eines vielleicht nur simulierten Wissens, angeeignet durch stupides Auswendiglernen, führen. Digitales Lernen könnte mit Hilfe eines gesteigerten Attraktivitätslevels der Lernumgebung auch ein gesteigerter Begeisterungslevel bei den Lernenden

triggern und dazu anregen, kognitive Lerninhalte gezielt anzuwenden. Frei nach Konfuzius: „Das, was man erklärt bekommt, vergisst man. Das, was einem vorgemacht wurde, daran erinnert man sich. Nur das aber, was man selber gemacht hat, kann man.“ [97].

Abschließend ist anzumerken, dass eine medizinische Ausbildung mit einem hohen Grad an Darwinismus und Konkurrenzverhalten Gift für die Evolution individueller Kompetenz ist. Vielmehr würde ein kooperatives Verhalten in Summe zu einer Steigerung der Kompetenz führen. Die Fortführung des Famulus-Projektes in Studie II soll mehr Evidenz in Hinblick auf kooperatives Lernen bringen.

Literaturverzeichnis

- [1] Paas, F., Renkl, A. & Sweller, J., „Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments,“ published online, 1-4, 08 Jun 2010.
- [2] Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P. & Cooper, M., „Cognitive load as a factor in the structuring of technical materia,“ *Journal of Experimental Psychology*, pp. 176-192, 1990.
- [3] Sweller, J., „Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load,“ *Educational Psychology Review*, p. 124, 2010.
- [4] Black, A. E. & Deci, E. L., „The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective,“ *Science Education*, pp. 740-756, 13 10 2000.
- [5] Hascher, T. & Edlinger, H., „Von der Stimmungs-zur Unterrichtsforschung: Überlegungen zur Wirkung von Emotionen auf schulisches Lernen und Leisten,“ *Unterrichtswissenschaft*, pp. 55-70, 25 09 2014.
- [6] Entzian, A., *Denn sie tun nicht, was sie wissen*, München: oekom, 2016.
- [7] Sackett, D. L., „Evidence-based medicine,“ in *Seminars in Perinatology*, München, Berlin, Kusterdingen, Elsevier, 1997, pp. 3-5.
- [8] Volpert, W., *Schauen, was 'rauskommt: Kompetenzförderung, Evaluation und Systemsteuerung ...*, LitVerlag, 2006.
- [9] Rauner, F., „Berufliche Kompetenzentwicklung - vom Novizen zum Experten,“ Dehnbostel, Peter, Berlin, 2002.
- [10] Schön, D. A., *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions.*, San Francisco, 1987.
- [11] Neuweg, G. H., *Könnerschaft und implizites Wissen: zur lehr-lerntheoretischen Bedeutung der Erkenntnis- und Wissenstheorie Michael Polanyis*, Münster/München/New York/Berlin: Waxmann, 2004.
- [12] Comenius, J. A., *Große Didaktik: Die vollständige Kunst, alle Menschen alles zu lehren*, Klett-Cotta, 2008.
- [13] Gräsel, C. & Mandl, H., „Förderung des Erwerbs diagnostischer Strategien in fallbasierten Lernumgebungen *Unterrichtswissenschaft* 21,“ *Unterrichtswissenschaft Jahr: 1993*, pp. 355-369, 15 10 2013.
- [14] Salam, A., Siraj, H. H., Mohamad, N., Das, S. & Rabeya, Y., „Bedside Teaching in Undergraduate Medical Education: Issues, Strategies, and New Models for Better Preparation of New Generation Doctors,“ *Iranian Journal of Medical Sciences*, pp. 1-6, 2011.
- [15] Bowen, J. L., „Educational strategies to promote clinical diagnostic reasoning,“ *The New England Journal of Medicine*, p. 2217–2225, 2006.

- [16] Bikner-Ahsbahs, A., Kidron, I. & Dreyfus, T., Epistemisch handeln können aber wie?, Bremen, Jerusalem, Tel Aviv: Springer, 2011.
- [17] Das Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, „<https://www.gesetze-im-internet.de/>“, 27.06.2002. [Online].
- [18] Bundesministerium für Bildung und Forschung, „<https://www.wihoforschung.de/de/famulus/>“, 2017. [Online].
- [19] Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M., „Human Memory: A Proposed System and its Control Processes,“ in *Psychology of Learning and Motivation*, Elsevier, 1968, pp. 89-195.
- [20] Miller, G. A., The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information, 81-97, 1956.
- [21] Cowan, N., „Chapter 20 What are the differences between long-term, short-term, and working memory?,“ in *Progress in Brain Research*, Elsevier, 2008, pp. 323-338.
- [22] Ericsson, K. A. & Kintsch, W., „Long-term working memory,“ in *Psychological Review*, 1995, pp. 211-245.
- [23] Holyoak, K. J. & Gick, M. L., „Schema induction and analogical transfer,“ in *Cognitive Psychology*, Elsevier, 1983, pp. 1-38.
- [24] Sweller, J. & Cooper, G. A., „The Use of Worked Examples as a Substitute for Problem Solving in Learning Algebra,“ in *Cognition und Instruction*, 1985, pp. 59-89.
- [25] Schneider, W. & Shiffrin, R. M., „Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention,“ in *Psychological Review*, 1977, pp. 1-66.
- [26] Kempe, C. & Pietsch, K., Seminarleitung: Kristian Foltz, „<http://www.ruhr-uni-bochum.de/>“, [Online]. Available: http://www.ruhr-uni-bochum.de/biopsyseminare/data/studentenprojekte/seminarlernen_ws0102/Wissenserwerb_0701/Katharina/Uni/Wissenserwerb.htm. [Zugriff am 15.07.2018].
- [27] Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. & Glaser, R., „Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices,“ *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 04 1981.
- [28] Pollock, E., Chandler, P. & Sweller J., „Assimilating complex information,“ in *Learning and Instruction*, Elsevier, 2002, pp. 61-86.
- [29] Renkl, A., Gruber, H., Weber, S., Lerche, T. & Schweizer, K., „Cognitive Load beim Lernen aus Lösungsbeispielen [Cognitive Load During Learning from Worked-Out Examples],“ *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie / German Journal of Educational Psychology*, pp. 93-101, 2003.
- [30] Tindall-Ford, S., Chandler, P. & Sweller, J., „When two sensory modes are better than one,“ *Journal of Experimental Psychology*, pp. 257-287, 1997.
- [31] Kalyuga, S., Triandis, P., Chandler, P. & Sweller, J., „The Expertise Reversal Effect,“ *Educational Psychologist*, pp. 23-31, 08 Juni 2010.
- [32] Paas, F. G. W. C. & Van Merriënboer, J. J. G., „Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks,“ in *Educational Psychology Review*, Springer, 1992, p. 351–371.

- [33] Brünken, R., Plass, J. L. & Leutner, D., „Assessment of Cognitive Load in Multimedia Learning with Dual-Task Methodology: Auditory Load and Modality Effects,“ *Instructional Science*, p. pp 115–132 , 01 2004.
- [34] Schreyögg, B., „Emotionen und Lernen,“ in *Emotionen im Coaching*, Wiesbaden, Springer, 2015, pp. 35-47.
- [35] Lenz, K., „Emotionen aus soziologischer Perspektive,“ in *Soziologie der Zweierbeziehung*, Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2006, pp. 210-217.
- [36] Götz, T. & Frenzel, A. C., „Die Komponenten von Emotionen,“ in *Emotion, Motivation und selbstreguliertes Lernen*, Paderborn, Verlag Ferdinand Schöningh, 2017, pp. 20-25.
- [37] Pekrun, R., „The Impact of Emotions on Learning and Achievement: Towards a Theory of Cognitive/Motivational Mediators,“ *Applied Psychology*, pp. 359-376. , 10 1992.
- [38] Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. & Perry, R. P., „Academic Emotions in Students' Self-Regulated Learning and Achievement: A Program of Qualitative and Quantitative Research,“ *Educational Psychologist* , pp. 91-105, 08 06 2010.
- [39] Ortony, A. & Turner, T. J., „What's basic about basic emotions?,“ *Psychological Review, Vol 97(3)*, pp. 315-331, 06 1990.
- [40] Pekrun, R., „Emotions and Learning,“ *Educational practices series*, p. 30, 2014.
- [41] Scherer, K. R., Schorr, A. & Johnstone, T., „Appraisal Theory,“ in *Series in Affective Science - Appraisal Processes in Emotion - Theory, Methods, Research*, Oxford, New York, Oxford University Press, 2001, pp. 3-20.
- [42] Leventhal, H. & Scherer, K., „The Relationship of Emotion to Cognition: A Functional Approach to a Semantic Controversy,“ *Cognition and Emotion* , pp. 3-28, 1987.
- [43] Brandstätter, V. & Otto, J. H., „Emotion und Motivation,“ in *Handbuch der Allgemeinen Psychologie*, Göttingen, Hogrefe, 2009, pp. 13-17.
- [44] Kleinginna, P. R. & Kleinginna, A. M., *Motivation and Emotion*, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1981.
- [45] Frenzel, A. C., Götz, T. & Pekrun, R., „Emotionen,“ in *Pädagogische Psychologie* , Berlin, Heidelberg, Springer, 2009, pp. 205-231.
- [46] Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D., „FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen,“ in *Diagnostica*, Langversion, 2011, pp. 57-66.
- [47] Wigfield, A., „Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation: A Developmental Perspective,“ *Educational Psychological Review, 6 (1)*, pp. 49- 78, 1994.
- [48] Schmidt, H. G. & Mamede, S., „How to improve the teaching of clinical reasoning: a narrative review and a proposal,“ *Medical Education in Review*, pp. 961-73, 10 2015.
- [49] ten Cate, O., Custers, E. J. F. M. & Durning, S. J., „How to Teach Clinical Reasoning to Junior Students?,“ in *Principles and Practice of Case-based Clinical Reasoning Education: A Method for Preclinical Students*, Cham, Springer Open, 2017, pp. 6-9.

- [50] Ericsson, A., Hoffman, R. R., Kozbelt, A. & Williams, A. M., „Expertise in Professional Design,“ in *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance Second Edition*, Cambridge, New York, Port Melbourne, New Delhi, Singapore, Cambridge University Press, 2018, pp. 372-388.
- [51] Vandewaetere, M., Manhaeve, D., Aertgeerts, B., Clarebout, G., Van Merriënboer, J. J. G. & Roex, A., „4C/ID in medical education: How to design an educational program based on whole-task learning: AMEE Guide No. 93,“ *Medical Teacher*, pp. 4-20, 01 2015.
- [52] Yardley, S., Hookey, C. & Lefroy, J., „Designing whole-task learning opportunities for integrated end-of-life care: a practitioner-derived enquiry,“ *Education for Primary Care*, pp. 436-443, 01 06 2013.
- [53] Lundeberg, M. A., „Who Learns What From Cases and How?: The Research Base for Teaching and Learning With Cases,“ in *Discovering teaching and learning through cases*, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1999, pp. 3-23.
- [54] Sweller, J., *Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning*, April 1988.
- [55] Artelt, C., Baumert, J. & McElvany, N. J., „Selbstreguliertes Lernen: Motivation und Strategien in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland,“ in *PISA 2000 — Ein differenzierter Blick auf die Länder der Bundesrepublik Deutschland*, Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2003, pp. 131-164.
- [56] Scherer, K. R., „Emotion,“ in *Sozialpsychologie*, Heidelberg, Berlin, Springer-Verlag, 1997.
- [57] Page, G., Bordage, G. & Allen, T., „Developing key-feature problems and examinations to assess clinical decision-making skills,“ *Journal of the Association of American Medical Colleges*, pp. 194-201, 03 1995.
- [58] Radon, K., Wengenroth, L., Radon, A. & Riu, E., „Entwicklung und Evaluation eines ersten Computerlernfalles für allgemeinbildende Schulen und Berufsschulen im Rahmen des thematischen Initiativkreises (TIK) "Gesunde Lunge" der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA) der Bundesregierung,“ Institut für Arbeits- und Umweltmedizin der LMU München, 2006.
- [59] „<http://www.instruct.eu/>,“ [Online].
- [60] Opfermann, M., „There's more to it than instructional design: The role of individual learner characteristics for hypermedia learning,“ in *Wissensprozesse und digitale Medien*, Berlin, Logos, 2008.
- [61] Pekrun, R., Vogl, E., Muis, K. R. & Sinatra, G. M., „Measuring emotions during epistemic activities: the Epistemically-Related Emotion Scales,“ *Cognition und Emotion*, pp. 1268-1276, 22 06 2016.
- [62] Frank, B., *Presence messen in laborbasierter Forschung mit Mikrowelten: Entwicklung und erste Validierung eines Fragebogens zur Messung von Presence*, Berlin und Heidelberg: Springer-Verlag, 2015.
- [63] Wigfield, A., „Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation: A Developmental Perspective,“ *Educational Psychological Review*, pp. 49-78, 1994.
- [64] „<http://www.faz.net/aktuell/beruf-chance/campus/zuviel-feminismus-brauchen-aerzte-eine-maennerquote-14906675.html>,“ FAZ, 06 03 2017. [Online].
- [65] Mandl, H. & Friedrich, H. F., „Dimensionen des Vorwissens,“ in *Handbuch Lernstrategien*, Göttingen, Hogrefe, 2006, pp. 39-41.

- [66] Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H. & Van Gerven, P. W. M., „Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory,“ *Educational Psychologist*, pp. 63-71, 2003.
- [67] Bley, S., Wiethe-Körprich, M. & Trial, S., „Die Cognitive Load Theory als Heuristik zur Validierung kognitiver Belastungen bei der Konstruktion von Testaufgaben,“ *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, pp. 8-9, 2015.
- [68] Paas, F., Trial, A. & Sweller, J., „Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture,“ in *Instructional Science*, Heidelberg, Springer, 2004, p. 1–10.
- [69] Maurer, C., „Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis,“ in *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016*, Regensburg, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 37, 2017, p. 827 S.
- [70] Seufert, T., „Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen,“ in *Was ist Bildkompetenz?*, Wiesbaden, Deutscher Universitätsverlag, 2003, pp. 117-129.
- [71] Trial, S. & Ebner, M., „Begrenzte kognitive Ressourcen,“ in *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien*, Berlin, epubli, 2013, pp. 210-216.
- [72] Mandl, H. & Friedrich, H. F., „Aufmerksamkeitskontrolle,“ in *Handbuch Lernstrategien*, Göttingen, Hogrefe Verlag, 2006, pp. 30-35.
- [73] Schnotz, W. & Bannert, M., „Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen,“ *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, pp. 217-236, 1999.
- [74] Lesh, R., Post, T. R. & Behr, M., „Representations and Translations among Representations in Mathematics Learning and Problem Solving,“ in C. Janvier (Ed.), *Problems of representations in the teaching and learning of mathematics*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 1987, pp. 33-40.
- [75] Bjork, R. A. & Kroll, J. F., „Desirable difficulties in vocabulary learning,“ *The American journal of psychology*, p. 241–252, 2015.
- [76] Scheiter, K., „Dorsch – Lexikon der Psychologie, Cognitive load theory (CLT),“ In M. A. Wirtz (Hrsg.), 2015. [Online]. Available: <https://m.portal.hogrefe.com/dorsch/cognitive-load-theory-clt/>. [Zugriff am 2018 05 22].
- [77] Jakob, A., *Die Cognitive Load Theory als Erklärungsmodell für den Lösungsbeispieleffekt und ihre Grenzen*, München, Ravensburg: Grin Verlag, 2012.
- [78] Sweller, J., „Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load,“ *Educational Psychology Review*, 22(2), p. 123–138, 2010.
- [79] Heckhausen, H., „Motivationsforschung: Probleme und Sichtweise,“ in *Motivation und Handeln*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 1989, pp. 1-16.
- [80] Locke, E. A., Cartledge, N. & Koeppel, J., „Motivational effects of knowledge of results: A goal-setting phenomenon?,“ *Psychological Bulletin*, pp. 474-485, 12 1968.
- [81] Jerusalem, M. & Hopf, D., „Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen,“ *Zeitschrift für Pädagogik*, pp. 8-83, 05 2002.

- [82] Scherrmann, A., „Intrinsische und extrinsische bzw. externale Motivation,“ in *Lernen mit Lösungsbeispielen im Mathematikunterricht - Eine empirische Untersuchung zur Datenauswertung im Unterricht*, Wiesbaden, Springer-Verlag, 2015, pp. 119-122.
- [83] Lazarus, R. S., „From psychological stress to the emotions: A history of changing outlooks,“ *Annual review of psychology*, pp. 1-22, 1993.
- [84] Csikszentmihalyi, M., *Creativity: The Psychology of Discovery and Invention*, New York: Harper Collins, 2013.
- [85] Kirschbaum, C., Wolf, O. T., May, M., Wippich, W. & Hellhammer, D. H., „Stress- and treatment-induced elevations of cortisol levels associated with impaired declarative memory in healthy adults,“ *Life Sciences*, pp. 1475-1483, 22 03 1996.
- [86] Buchanan, T. W. & Locallo, W. R., „Psychoneuroendocrinology,“ *Enhanced memory for emotional material following stress-level cortisol treatment in humans*, pp. 307-317, 04 2001.
- [87] Dörner, D., *Die Mechanik des Seelenwagens : eine neuronale Theorie der Handlungsregulation*, Bern: Hans Huber, 2002.
- [88] Ruppert, W., „Stress und Stressbewältigung - Ein Beitrag zur Gesundheitsförderung in der Schule,“ Uni Frankfurt, Frankfurt, 2008.
- [89] Lazarus, R. S. & Launier, R., „Stressbezogene Transaktion zwischen Person und Umwelt,“ in *J.R. Nitsch (Hrsg.): Stress - Theorien, Untersuchungen, Massnahmen*, Bern, Huber, 1981, pp. 213-259.
- [90] Szabo, S., Tache, Y. & Somogyi, A., „The legacy of Hans Selye and the origins of stress research: A retrospective 75 years after his landmark brief “Letter” to the Editor of nature,“ *Informa Healthcare USA*, pp. 472-478, 29 08 2012.
- [91] Kuhl, J., „Behaviorismus: Was man nicht messen kann, gibt es nicht?,“ in *Lehrbuch der Persönlichkeitspsychologie: Motivation, Emotion und*, Göttingen, Hogrefe, 2010, pp. 24-26.
- [92] Um, E. R., Plass, J. L., Hayward, E. O. & Homer, B. D., „Emotional design in multimedia learning,“ *Journal of Educational Psychology*, 104(2), p. 485-498, 2012.
- [93] Hascher, T., „Emotionen im Schulalltag: Wirkungen und Regulationsformen,“ *Zeitschrift für Pädagogik* 51, pp. 610-625, 2005.
- [94] Spitzer, M., „Einführung: Macht Goggle uns dumm?,“ in *Digitale Demenz*, München, Droemer Verlag, 2012, p. 16.
- [95] Scalise, K, Bernbaum, D. J., Timms, M., Harrell, S. V. Burmester, K., Kennedy, C. A. & Wilson, M., „Adaptive technology for e-learning: principles and case studies of an emerging field,“ *Journal of the American Society for Information Science and Technology banner*, 04 09 2007.
- [96] Muntean, C. H. & Muntean, G. M., „Open corpus architecture for personalised ubiquitous e-learning,“ *Journal Personal and Ubiquitous Computing Volume 13 Issue 3*, pp. 197-205, 03 2009.
- [97] Precht, R. D., „<https://www.cicero.de/kultur/wir-brauchen-eine-bildungsrevolution/51963>,“ Cicero Online. [Online]. [Zugriff am 04 09 2018].

Abbildung 1: Didaktisches Design	21
Abbildung 2: Multiple-Choice Fragen.....	23
Abbildung 3: Whole Case Format	27
Abbildung 4: Serial Cue Format.....	28

Eidesstattliche Versicherung/Affidavit

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation „**Nexus virtueller Fallsimulationen, kognitiver Belastung, Emotionen sowie Motivation Medizinstudierender**“ selbstständig angefertigt habe, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

I hereby confirm that the dissertation „**Nexus virtueller Fallsimulationen, kognitiver Belastung, Emotionen sowie Motivation Medizinstudierender**“ is the result of my own work and that I have only used sources or materials listed and specified in the dissertation.

München, den 15.03.2020

Ort, Datum

Munich, 15th March 2020

City, Date

Regina Schönberger

Unterschrift

Regina Schönberger

Signature