

Untersuchungen zum prädiktiven Wert formativer Onlinetests für die Prüfungsleistung von Medizinstudierenden im Fach Pharmakologie: eine prospektive Kohortenstudie

Felizian Emanuel Guntram Kühbeck

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Medicine and Health der Technischen
Universität München zur Erlangung eines
Doktors der Medizin (Dr. med.)
genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer*innen der Dissertation:

1. Prof. Dr. Dr. Stefan Engelhardt
2. Prof. Dr. Pascal Berberat

Die Dissertation wurde am 28.02.2023 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die TUM School of Medicine and Health am 10.10.2023 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG.....	4
2. METHODEN.....	8
2.1 Entwicklung und Nutzung der Lernplattform.....	8
2.2 Ablauf der Studie und Teilnehmende.....	16
2.3 Der reine Wiederholungseffekt	19
2.4 Der Wiederholungseffekt	19
2.5 Der Nutzungseffekt	20
2.6 Datenerhebung und Datenbanken.....	20
2.7 Selbsteinschätzung.....	22
2.8 Bewertung der Lernplattform McPeer	22
2.9 Angaben zum Geschlecht.....	22
2.10 Statistiken	22
3. ERGEBNISSE.....	24
3.1 Studienteilnehmer.....	24
3.2 Beginn der Nutzung von McPeer.....	25
3.3 Analyse der Nutzungsdaten und Korrelation mit der Abschlussprüfung.....	25
3.4 Der reine Wiederholungseffekt	27
3.5 Der Wiederholungseffekt	28
3.6 Der Nutzungseffekt	33
3.7 Selbsteinschätzung des Wissens	36
3.8 Bewertung der Lernplattform McPeer.....	38
3.9 Geschlechtsspezifische Analyse.....	39

4. DISKUSSION	42
4.1 Nutzung von McPeer	42
4.2 Leistungen der Studierenden auf McPeer und in der Abschlussprüfung	44
4.3 Selbsteinschätzung	47
4.4 Geschlechterspezifische Analyse	48
4.5 Bewertung der Lernplattform McPeer	48
5. ZUSAMMENFASSUNG	50
6. LITERATURVERZEICHNIS	52
7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	56
8. TABELLENVERZEICHNIS	60
9. VERÖFFENTLICHUNGEN	61
10. DANKSAGUNG	62

1. Einleitung

Im Wörterbuch der philosophischen Begriffe lesen wir über das Wesen der Erziehung: „Führung und Formung von Menschen durch Familie, Schule, Beruf und Einrichtungen der Gemeinschaft und des Staates zur Entfaltung von geistigen und körperlichen Anlagen, einschließlich der Organisation von Lernprozessen.“ So ist der Vorgang des Lehrens und Lernens, wie er an Schulen, Universitäten und sonstigen Ausbildungsstätten praktiziert wird, fester Bestandteil einer geistigen und kulturellen Kontinuität, und es wäre durchaus reizvoll, das Verständnis von Erziehung und Wissensvermittlung durch die europäische Kulturgeschichte hindurch zu verfolgen. Immer wieder tauchte dabei ein Problem auf, das bis in die heutige Zeit fortbesteht: wie Ausbildung und Lehre zu gestalten sind, damit nicht nur das Wissen, sondern auch das Verstehen gefördert werden. Bei Michel de Montaigne, einem der bedeutendsten französischen Schriftsteller der Spätrenaissance (Mitte des 16. Jahrhunderts), lesen wir: „Die Lehrer donnern immer in unsere Ohren, als ob sie es in eine Röhre gössen, und unser Geschäft ist nur, zu wiederholen, was sie uns sagen. Statt in den Schülern eigene Meinungen sich fruchtbar entwickeln zu lassen, füllen sie ihnen das Gedächtnis mit totem Stoff an, unser Verständnis und Bewusstsein bleiben dabei leer.“ Und weiter sagt er: „Etwas auswendig wissen bedeutet nicht, dass man etwas weiß, sondern lediglich, dass man etwas im Gedächtnis behalten hat.“ Um es in einem Bild auszudrücken: Das Wissen ist der Wind, Verstehen die Kunst, Segel zu setzen. Bildung wäre dann die verinnerlichte Orientierung.

Die Vermittlung von Wissensinhalten darf sich nicht auf die Weitergabe von Fakten beschränken, vielmehr ist es notwendig, Zusammenhänge, Entwicklungen, Beeinflussungen und Abhängigkeiten aufzuzeigen, um damit die Grundlage für ein selbständiges, konstruktives Denken und Handeln zu legen. Eben das muss das Ziel einer jeden Lehre und Ausbildungspraxis sein, auch und besonders in der heutigen Zeit, in der wir lernen müssen, die digitale Informationsvermittlung auch in die Welt der Universität sinnvoll einzubringen.

Neben der eigentlichen Forschungstätigkeit ist der Alltag an Universitäten gekennzeichnet von regelmäßigen Lehrveranstaltungen, von Vorlesungen, Seminaren und praktischen Kursen. In der Regel verfügen Lehrende über keine pädagogische Ausbildung, die ihnen helfen könnte, den Lehrauftrag effektiv umzusetzen. Auf der Seite der Studierenden muss von unterschiedlichen Wissensständen ausgegangen werden, je nach vorausgegangener schulischer Ausbildung. Diese Herausforderung auf beiden Seiten der Wissensvermittlung zielt auf die Frage, ob es möglich ist, den Lehr- und Lernprozess so zu objektivieren, dass schließlich analytische Bewertungen und steuernde Eingriffe möglich sind. In der Tat wurden in den vergangenen Jahren moderne computergestützte Methoden in der Hochschullehre etabliert, um den Prozess der Wissensvermittlung digital zu begleiten.

So ist im Verlauf der letzten zehn Jahre unter dem Begriff „Learning Analytics“ ein Forschungsgebiet entstanden, das sich mit der Möglichkeit digitaler Lehr- und Lernbegleitung befasst. Eine Vorreiterrolle für diese Forschungsinitiative spielte die erste internationale Konferenz, die sich mit dem Thema „Learning Analytics“ („First International Conference Learning Analytics & Knowledge“), die Anfang 2011 in Banff in der kanadischen Provinz Alberta stattfand. Ein Ziel dieser Konferenz bestand darin, den Forschungsbereich zu definieren und abzugrenzen. Der Fokus lag auf der objektivierenden Veranschaulichung des Lehr- und Lernprozesses durch eine sequenzielle Akquirierung und Visualisierung gesammelter beziehungsweise dokumentierter Daten (Joksimović et al., 2019). Als Resultat dieser ersten Konferenz entstand die heute gültige Definition von Learning Analytics als das Sammeln und Messen, die Analyse und die Bewertung von Daten über den Vorgang der Wissensvermittlung „zum Zwecke des Verständnisses und der Optimierung des Lernens in den Umgebungen, in denen es stattfindet“ (Siemens et al., 2011). Außerdem wurde eine Gesellschaft zur weiteren Bearbeitung und Erforschung von Learning Analytics gegründet (engl. Society for Learning Analytics Research, SoLAR). Das Ziel dieser Gesellschaft ist es, die Forschung auf diesem Gebiet voranzutreiben und mit ihrem Wissen und ihren Erfahrungen die Implementierung vor Ort durch die Sensibilisierung der Verantwortlichen zu fördern. Damit sollen nicht zuletzt die zur Verfügung gestellten Bildungsressourcen besser genutzt, die Kommunikation zwischen den Lehrenden gefördert und der Prozess der Wissensvermittlung effektiver gestaltet werden.

Wie von Ferguson (Ferguson, 2012) beschrieben, ist die Vorgehensweise von Learning Analytics an zwei wesentliche Voraussetzungen gebunden: zum einen an den Zugriff auf bereits vorhandene maschinenlesbare Daten, zum anderen an die Bereitstellung von Techniken, die es ermöglichen, große Datenmengen (engl. Big Data) zu verarbeiten, da es nicht praktikabel wäre, Datenmengen dieser Größe manuell auszuwerten. Auch eine gewöhnliche Datenbanksoftware wäre mit der Bearbeitung solch großer Datenmengen überfordert (Manyika et al., 2020). Zwar gibt es durchaus, in besonderen administrativen Einrichtungen wie dem Bankwesen und bei Versicherungen, Erfahrungen mit der Handhabung größerer Datenmengen, doch unterscheiden sich die Zielsetzungen in derartigen administrativen Spezialbereichen so grundsätzlich von den Anforderungen, die es im Bereich der Wissensvermittlung zu berücksichtigen gilt, dass Vergleiche nicht weiterführen.

In der Theorie können Learning Analytics sowohl Lernenden als auch Lehrenden eine wertvolle Rückmeldung geben, was zu einer wirksameren „Personalisierung“ des Lehr- und Lernprozesses führt (Bienkowski et al., 2012). Dieser Einsatz von Learning Analytics kann für

die Überwachung des Lernerfolgs von jenen Studierenden nützlich sein, die aufgrund wiederholten Nichtbestehens von Prüfungen gefährdet sind, Studienziele nicht zu erreichen. Allerdings sind Learning Analytics noch in den frühen Stadien der Entwicklung (Siemens & Long, 2011). In vielen Bildungseinrichtungen basieren Learning Analytics auf Nutzungsdaten aus Lernmanagementsystemen (LMS), die geeignet sind, Lernaktivitäten zu dokumentieren, z. B. die Anzahl der Klicks, die verbrachte Onlinezeit im LMS oder die Teilnahme an Onlinediskussionsforen zu dokumentieren. Durch die Erfassung dieser Nutzeraktivitäten entstehen tagtäglich große Mengen an Daten. Jedoch sind die integrierten Auswertungsmöglichkeiten der LMS nicht oder nur rudimentär vorhanden (Macfadyen & Dawson, 2010). Andere Systeme importieren Daten von computergestützten Prüfungen oder aus Verwaltungssystemen, die etwa Daten der bisherigen Ausbildung enthalten (Arbaugh, 2014). Außerdem findet oftmals ein Großteil der Lernaktivität auf vielen weiteren externen Plattformen oder auch außerhalb digitaler Medien statt, sodass die Herausforderung besteht, diese unterschiedlichen Daten mit den restlichen Daten zu vereinen (Ferguson, 2012). Darüber hinaus gibt es eine beträchtliche Kontroverse um die Frage, welche Lernanalysedaten am ehesten dafür geeignet sind, zukünftige Lernprozesse zu gestalten oder akademische Leistungen vorherzusagen (Arbaugh, 2014; Tempelaar et al., 2015).

In Deutschland gliedert sich das Fach Pharmakologie im Medizinstudium typischerweise in zwei Lehrveranstaltungen auf: die Allgemeine Pharmakologie, die im ersten klinischen Jahr gelehrt wird, und die Klinische Pharmakologie/Pharmakotherapie, die im dritten klinischen Jahr vermittelt wird (Nikendei et al., 2009). In einer Umfrage von Dafsari et al. (2017) bewerteten die Studierenden die Nützlichkeit der Pharmakologie und Pharmakotherapie für den zukünftigen ärztlichen Alltag am höchsten von allen klinisch-theoretischen Fächern des Studiums. Trotz erheblicher Anstrengungen zur Verbesserung der pharmakologischen Ausbildung an deutschen medizinischen Fakultäten zeigte eine Umfrage von Ochsmann et al. (2011), dass sich die Mehrheit der Absolventen auf medikamentöse Therapieprobleme schlecht vorbereitet fühlt. Um diesem Problem zu begegnen, wurde eine digitale Lernplattform von Grund auf neu entwickelt mit dem Ziel, das pharmakologische Wissen von Medizinstudierenden durch Learning Analytics zu überwachen. Die Lernplattform bot den Studierenden die Möglichkeit, ihren Wissensstand mit der Beantwortung von Fragen aus vergangenen Abschlussklausuren zu prüfen. Die Fragen waren von Dozenten erstellte Single-Choice-Fragen (Antwortauswahlverfahren mit einer richtigen Antwort). Die dabei erfassten Leistungsdaten der Studierenden wurden während des Zeitraums des Selbststudiums gesammelt und mit den Leistungen in der Abschlussprüfung anonymisiert korreliert. Außerdem wurden die Studierenden durch eine Umfragefunktion dazu aufgefordert, ihren Wissensstand im Sinne der Selbsteinschätzung zu bewerten. Schließlich ist es ein implizites Ziel der Hochschulbildung,

den Studierenden die Fähigkeit zu vermitteln, ihr Fachwissen selbst einzuschätzen (Boud & Falchikov, 2007). Dabei zeigte sich, dass die Selbsteinschätzung im Vergleich mit der tatsächlich erbrachten Leistung nur eine geringe Genauigkeit aufweist (Tousignant & DesMarchais, 2002). So tendieren leistungsstarke Studierende ihr Wissen zu unterschätzen, während Studierende mit einem geringen Fachwissen ihre Fähigkeiten eher überschätzen (Boud et al., 2013). Darüber hinaus wird angenommen, dass die Computernutzung im Hochschulbereich (Compton et al., 2002) und die Lernergebnisse in Onlinekursen zunehmend geschlechtsneutral sind (Cuadrado-García et al., 2010). Im Bereich der computergestützten Prüfungen ist dies noch nicht abschließend geklärt.

Mit der vorliegenden Studie an Studierenden des ersten klinischen Semesters sollen folgende Fragen untersucht beziehungsweise beantwortet werden:

1. Ist es möglich durch die Nutzung einer digitalen Lernplattform das Wissensspektrum zu verbessern?
2. Welche Parameter einer digitalen Lernplattform korrelieren am ehesten mit der Leistung, die schließlich in der Abschlussprüfung erbracht wird?
3. Tragen digitale Leistungskontrollen zur besseren Selbsteinschätzung des Fachwissens in der Pharmakologie bei?
4. Gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede in Bezug auf digitale Leistungskontrollen?
5. Wie muss eine digitale Lernplattform gestaltet sein, um das Ziel der Förderung des Wissens zu erreichen?

2. Methoden

2.1 Entwicklung und Nutzung der Lernplattform

Sämtliche Untersuchungen zur Sichtbarmachung von Lern- und Ausbildungsphänomenen wurden an Studierenden am Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Technischen Universität München durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde eine neue digitale Lernplattform (McPeer) entwickelt und programmiert, die es ermöglicht, Graduierungen und Entwicklungen des faktischen Wissens zu ermitteln und in ihren Abläufen zu veranschaulichen. Auch war es den Studierenden möglich, durch den Rückgriff auf McPeer ihren jeweiligen Wissensstand selbstkritisch zu bewerten. Es wurde bewusst eine neue Plattform entwickelt, um die Hürde für die Nutzung möglichst gering zu halten und erweiterte Möglichkeiten für den Export der Leistungsdaten und die statistische Auswertung zu haben. Abbildung 1 zeigt das Nutzungsschema von McPeer für Lehrende und Studierende.

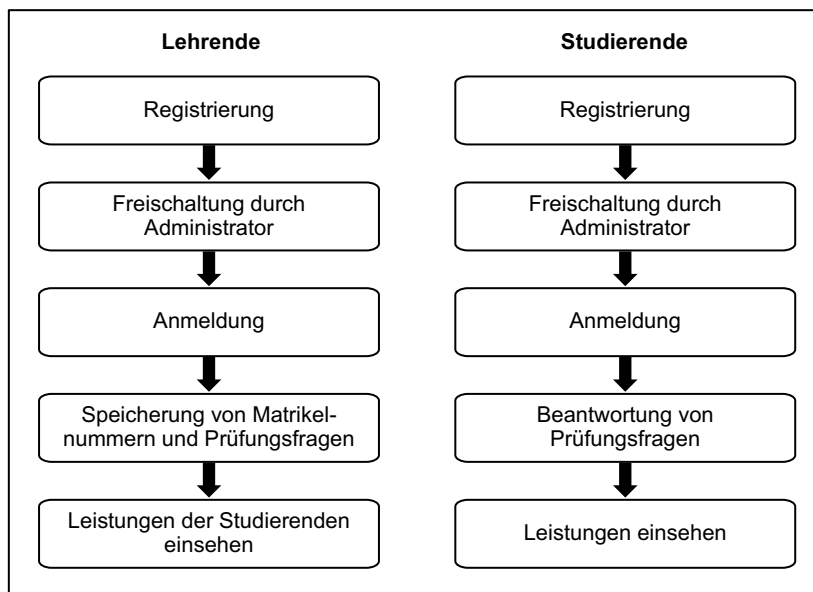


Abbildung 1: Nutzungsschema der Lehrenden und Studierenden von McPeer.

Aus früheren Befragungen ist bekannt, dass etwa 80 % der Studierenden der Lehrveranstaltung „Allgemeine Pharmakologie“ im Jahrgang 2012/13 ein eigenes mobiles internetfähiges Gerät (Smartphone oder Tablet-Computer) besaßen (Kühbeck et al., 2014). Es ist davon auszugehen, dass immer mehr Studierende über derartige eigene technische Möglichkeiten verfügen, McPeer zu verwenden und sich digital zu vernetzen. Außerdem können z. B. in Bibliotheken Computer kostenfrei von Studierenden genutzt werden. Somit war sichergestellt, dass alle Studierenden die Möglichkeit hatten, McPeer zu nutzen. Der Quellcode von McPeer wurde in der Programmiersprache Hypertext Preprocessor (PHP)

geschrieben. PHP ist die am meisten genutzte Programmiersprache zur Entwicklung von Internetseiten und wird auf 77,6 % aller Internetseiten weltweit eingesetzt (W3Techs, 2022). Die umfassende Kompatibilität von PHP war wichtig, um den Studierenden den Zugriff auf die Lernplattform auf möglichst allen gängigen internetfähigen Endgeräten zu ermöglichen. Für die Nutzung der Lernplattform war keine Installation einer lokalen Software notwendig. Ein aktiver Internetzugang für das Endgerät und eine Software zum Öffnen von Internetseiten (Internetbrowser), die bei allen aktuellen Computerbetriebssystemen bereits installiert ist, reichten aus. Die Speicherung der erhobenen Daten erfolgte in einer MySQL-Datenbank (MySQL, My Structured Query Language). MySQL ist eines der am stärksten verbreiteten Datenbankverwaltungssysteme (DB-Engines, 2022) und ist im Zusammenspiel mit PHP gut für die Speicherung großer Datenmengen geeignet. Der Aufruf der Lernplattform erfolgte über die Internetadresse <http://www.mcpeer.de>. Mit dieser Internetadresse gelangte man auf die Startseite von McPeer (siehe Abbildung 2).

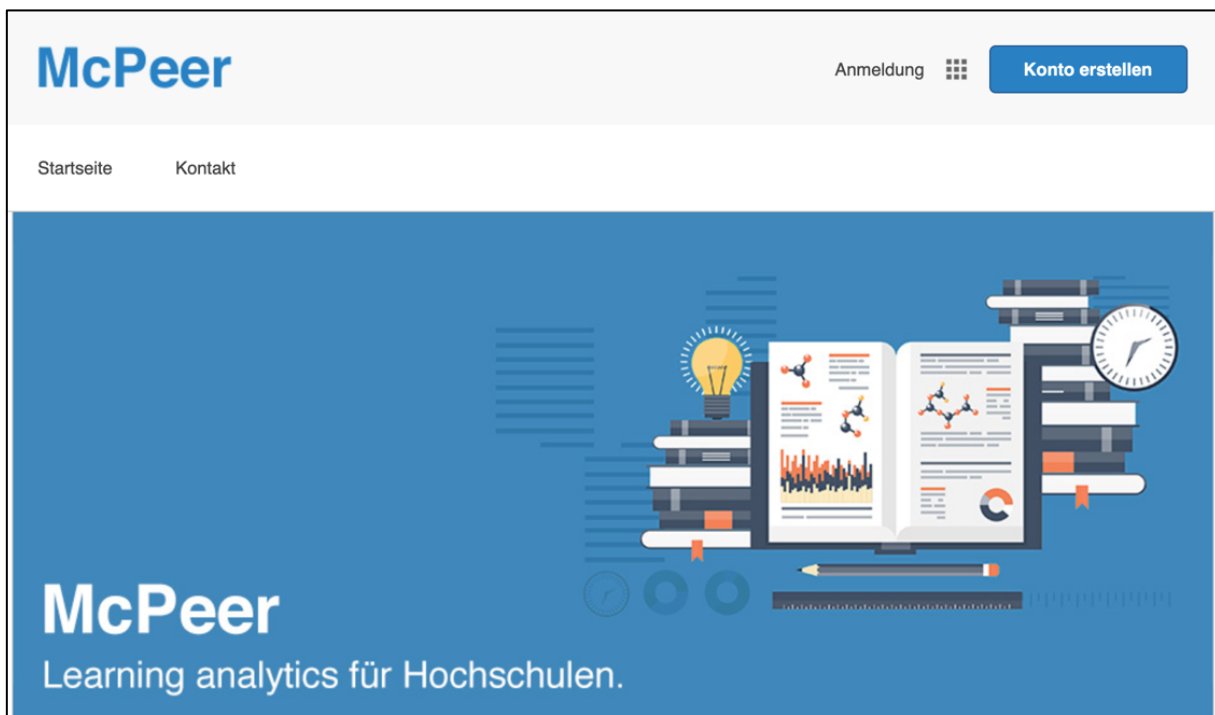


Abbildung 2: Die Studierenden öffnen die Lernplattform McPeer und erstellen sich ein Konto, das ihnen den Zugang auf die Plattform ermöglicht.

Die Studierenden erstellten sich ein Nutzerkonto mit den folgenden Daten: Anrede, Vorname, Name, Matrikelnummer, Benutzername, E-Mail, Passwort. Ein Administrator nahm die Freischaltung der Benutzerkonten nach formaler Prüfung der angegebenen Daten vor. Durch die vorab erfolgte Speicherung aller Matrikelnummern der an der Lehrveranstaltung teilnehmenden Studierenden durch einen Dozenten wurde sichergestellt, dass keine unbefugten Dritten Zugriff auf McPeer erhielten. Nachdem sich die Studierenden erfolgreich

registriert und mit ihrem Benutzernamen und Passwort angemeldet hatten, erschien zunächst eine Übersicht mit den verfügbaren Kursen beziehungsweise Lehrveranstaltungen (siehe Abbildung 3). Insgesamt enthielt die Datenbank 440 Fragen im Single-Choice-Format mit jeweils fünf Antwortmöglichkeiten und einer korrekten Antwort. Die Fragen waren auf insgesamt 27 Themengebiete verteilt, die alle relevanten Fachbereiche der Lehrveranstaltung „Allgemeine Pharmakologie“ abdeckten (siehe Tabelle 1).

Übersicht	Kurs	Konto		
	Kurse	Fortschritt	Gesamtleistung	Prozentrang
	Allgemeine Pharmakologie	0 von 440	-	-

Abbildung 3: Ansicht, sobald sich die Studierenden auf McPeer mit ihrem Benutzernamen und Passwort einloggen. In der Rubrik „Übersicht“ sahen die Studierenden mit einem Zahlenwert und einer Balkengrafik, wie viele Fragen sie bereits insgesamt in der jeweiligen Lehrveranstaltung beantwortet hatten. Die Spalte „Gesamtleistung“ gab Auskunft über den prozentualen Anteil der korrekt beantworteten Fragen aus der Gesamtheit der bisher beantworteten Fragen. Bei einem Zahlenwert von 60 % oder höher wurde der Zahlenwert in Grün angezeigt, bei unter 60 % in Rot. Der Zahlenwert in der Spalte „Prozentrang“ setzte die bisherige Leistung der einzelnen Studierenden ins Verhältnis zu Leistungen anderer Studierender in derselben Lehrveranstaltung. Ein Klick auf den Play-Button (Dreieck) diente der Anzeige der Themengebiete der jeweiligen Lehrveranstaltung (siehe Abbildung 4). Auf die Rubrik „Kurs“ wird in Abbildung 4 eingegangen. In der Rubrik „Konto“ konnten persönliche Daten wie Name, E-Mail-Adresse oder Matrikelnummer bearbeitet werden.

Übersicht	Kurs	Konto		
	Themengebiete	Fortschritt	Korrekt beantwortet	
	ACE-Hemmer / Ca-Kanalblocker	0 von 19	-	▶
	Adrenerge Agonisten und Antagonisten	0 von 26	-	▶
	Analgetika (NSAIDs, Opiode)	0 von 25	-	▶
	Anästhetika, Muskelrelaxantien	0 von 15	-	▶
	Antiarrhythmika	0 von 17	-	▶

Abbildung 4: Die Rubrik „Kurs“ diente der Anzeige der Themengebiete des ausgewählten Kurses beziehungsweise der ausgewählten Lehrveranstaltung. In der Spalte „Themengebiete“ wurden alle Themengebiete der Lehrveranstaltung alphabetisch aufgelistet. Die Spalte „Fortschritt“ diente dem Vergleich der bereits erhobenen Leistungsdaten, um dem Studierenden den Fortschritt seiner Lernbemühungen als Zahlenwert und Balkengrafik zu verdeutlichen. In der Spalte „Korrekt beantwortet“ wurde der prozentuale Anteil korrekt beantworteter Fragen aller bisher beantworteten Fragen des Themengebiets dargestellt. Bei einem Zahlenwert von 60 % oder höher wurde der Zahlenwert in Grün angezeigt, bei unter 60 % in Rot. Ein Klick auf den Play-Button (Dreieck) diente der Anzeige der unbeantworteten Fragen des jeweiligen Themengebiets.

Die durchschnittliche Anzahl der Single-Choice-Fragen pro Themengebiet lag bei $16,3 \pm 6,1$ mit durchschnittlich $35,2 \pm 17,3$ Wörtern pro Frage. Alle Fragen, sowohl auf McPeer als auch in der Abschlussprüfung, wurden von Dozenten des Instituts für Pharmakologie und Toxikologie an der TUM verfasst.

Themengebiete	Anzahl der Single-Choice-Fragen
ACE-Hemmer/Ca-Kanalblocker	19
Adrenerge Agonisten und Antagonisten	26
Analgetika (NSAIDs, Opioide)	25
Anästhetika, Muskelrelaxantien	15
Antiarrhythmika	17
Antitumorale Medikamente	27
Antidepressiva	16
Antidiabetika	21
Antidiarrhoika, Magen	14
Antiemetik	13
Antiepileptika	11
Antimalaria- und Antituberkulose-Präparate	17
Antimikrobielle Medikamente	34
Antiparkinsonika	14
Thrombozytenaggregationshemmer, Antikoagulantien, Thrombolytika	18
Antipsychotika	17
Antivirale Medikamente, Antimykotika	16
Kalziumstoffwechsel, Schilddrüsenhormone	17
Cholinergische Agonisten und Antagonisten	10
Kortikosteroide, Biologika	10
Diuretika	15
Immunsuppressive Medikamente	11
Pharmakodynamik	10
Pharmakokinetik und -genetik	14
Beruhigungsmittel	16
Steroide	11
Toxine und Gegenmittel	6
Total	440

Tabelle 1: Auflistung der Themengebiete auf McPeer.

Nach dem Start der Beantwortung eines Themengebiets wurden die Fragen nacheinander angezeigt (siehe Abbildung 5). Mit dem Klick auf eine der Antwortmöglichkeiten erhielten die Studierenden umgehend eine visuelle Rückmeldung, ob die korrekte Antwort ausgewählt wurde (siehe Abbildung 6).

Übersicht	Kurs	Konto
		1 / 15
<p>Welche der folgenden Aussagen zu Diuretika trifft am WENIGSTEN zu?</p> <p>A Xipamid hemmt reversibel den Na⁺/Cl⁻-Transporter im distalen Tubulus.</p> <p>B Furosemid hemmt den Na⁺/Cl⁻/K⁺ Kotransport in der Henle-Schleife.</p> <p>C Triamteren ist ein Inhibitor der Carboanhydrase.</p> <p>D Mannitol ist ein hyperosmolares Diuretikum.</p> <p>E Hydrochlorothiazid hemmt die Na⁺ Rückresorption im distalen Tubulus.</p>		

Abbildung 5: Beispiel einer Frage mit den zugehörigen Antwortmöglichkeiten.

Übersicht	Kurs	Konto
		1 / 15
<p>Welche der folgenden Aussagen zu Diuretika trifft am WENIGSTEN zu?</p> <p>A Xipamid hemmt reversibel den Na⁺/Cl⁻-Transporter im distalen Tubulus.</p> <p>B Furosemid hemmt den Na⁺/Cl⁻/K⁺ Kotransport in der Henle-Schleife.</p> <p>C ✓ Triamteren ist ein Inhibitor der Carboanhydrase.</p> <p>D Mannitol ist ein hyperosmolares Diuretikum.</p> <p>E Hydrochlorothiazid hemmt die Na⁺ Rückresorption im distalen Tubulus.</p>		
		<input type="button" value="Nächste Frage"/>

Abbildung 6: Anzeige der Frage aus Abbildung 5. Die von dem Studierenden gewählte Antwortmöglichkeit wird blau gefärbt. Die korrekte Antwort ist durch einen blauen Haken gekennzeichnet. Mit einem Klick auf das Feld „Nächste Frage“ wird die nächste Frage angezeigt.

Es gab weder eine zeitliche Begrenzung noch Beschränkungen in der Anzahl der Wiederholungen für jedes Themengebiet. Auch eine Unterbrechung und spätere Fortsetzung der Beantwortung von Fragen eines Themengebiets war möglich. Die Fragen wurden bei den Wiederholungen in der gleichen Reihenfolge angezeigt und standen zur erneuten Beantwortung zur Verfügung.

Der unterschiedliche Zugang der Fragestellungen zum jeweils abgefragten Themengebiet zielt insbesondere auf die Erfassung der Verstehbarkeit komplexer Inhalte. Im Folgenden sind als Beispiel die Fragen des Themengebiets „Toxine und Gegenmittel“ dargestellt:

A

Übersicht **Kurs** Konto

1 / 6

Welche der folgenden Zuordnungen von Intoxikation und Antidot ist am WENIGSTEN zu- treffend?

- A** Intoxikation mit Atropin - Physostigmin
- B** Intoxikation mit Opiaten - Naloxon
- C** Intoxikation mit Barbituraten - Flumazenil
- D** Intoxikation mit Rocuronium - Sugammadex
- E** Intoxikation mit Metoclopramid - Biperiden

B

Übersicht **Kurs** Konto

2 / 6

Welche der folgenden Zuordnungen von Arzneimittel und Antidot ist FALSCH?

- A** Lepirudin / Protamin
- B** Mivacurium / Neostigmin
- C** Physostigmin / Atropin
- D** Piritramid / Naloxon
- E** Oxazepam / Flumazenil

C

Übersicht **Kurs** Konto

6 / 6

Welche der folgenden Aussagen zur Giftigkeit von Cyanid (CN-) ist FALSCH:

- A** Cyanid wird nach oraler Einnahme zu Blausäure protoniert und rasch resorbiert.
- B** Giftige Konzentrationen von Cyanid in der Luft werden grundsätzlich am Geruch bitterer Mandeln erkannt.
- C** Ein typisches Symptom der Cyanidvergiftung ist die Hyperpnoe (tiefe Atemzüge).
- D** Cyanid hemmt durch Bindung an Fe(III)-gebundene Cytochromoxidase die mitochondriale Atmungskette.
- E** Die entgiftende Wirkung des Antidots Dimethylaminophenol (DMAP) basiert auf seiner Eigenschaft, Hämoglobin in Methämoglobin zu überführen.

D

Übersicht	Kurs	Konto
3 / 6		
<p>Welche der folgenden Aussagen ist/sind richtig?</p> <p>(1) Kohlenmonoxid bindet 300mal stärker als Sauerstoff an das Fe²⁺ im Hämoglobin. (2) Cyanid bewirkt typischerweise eine Met-Hämoglobin-Bildung. (3) Cyanid bindet an Fe³⁺ in der Atmungskette (Cytochrom C). (4) Der Geruchssinn schützt die meisten Menschen sicher vor dem Einatmen giftiger Mengen von Cyanwasserstoffgas.</p>		
<p>A Nur Antwort 4 ist richtig</p>		
<p>B Antworten 2 + 4 sind richtig</p>		
<p>C Antworten 1 + 3 sind richtig</p>		
<p>D Antworten 1 - 4 sind richtig</p>		
<p>E Antworten 1 - 3 sind richtig</p>		

E

Übersicht	Kurs	Konto
4 / 6		
<p>Welche der nachfolgenden Aussagen ist richtig?</p>		
<p>A Nitro-Verbindungen sollten unbedingt kontinuierlich über mehrere Tage zugeführt werden.</p>		
<p>B Die gleichzeitige Gabe von Glyceryltrinitrat und Sildenafil führt zum Wirkungsverlust von Glyceryltrinitrat.</p>		
<p>C Eine typische Gefahr bei höher dosierter Gabe von Nitroprussid-Natrium ist eine Cyanid-Vergiftung.</p>		
<p>D Nitroprussid-Natrium hat eine Halbwertszeit von mehreren Stunden.</p>		
<p>E Isosorbidmononitrat ist gut geeignet zur Behandlung von Angina-pectoris-Anfällen.</p>		

F

Übersicht	Kurs	Konto
5 / 6		
<p>Welche der folgenden Aussagen über den Zeitverlauf von Vergiftungen ist richtig?</p>		
<p>A Bei der Cyanidvergiftung ist das Erreichen einer gesundheitsgefährdenden Cyanidkonzentration im Körper an der bläulichen Verfärbung von Haut und Schleimhäuten erkennbar.</p>		
<p>B Bei der Methanolvergiftung besteht eine für ärztliche Hilfe nutzbare Latenzzeit (z. B. bis zu einem Tag), bevor durch metabolische Azidose lebensbedrohliche Komplikationen auftreten.</p>		
<p>C Bei einer Knollenblätterpilzvergiftung treten in der Regel keine Symptome auf, bevor es für wirksame ärztliche Hilfe zu spät ist.</p>		
<p>D Psychotrope Drogen wirken oft auf Neurotransmittersysteme und hinterlassen deshalb in aller Regel keine Folgen, sobald die auslösende Droge durch Abbau oder Ausscheidung eliminiert ist.</p>		
<p>E Die Knollenblätterpilzvergiftung führt innerhalb weniger Stunden nach der Pilzmahlzeit zum tödlichen Leberversagen.</p>		

Abbildung 7 A–F: Darstellung unterschiedlicher Fragetypen am Beispiel des Themengebiets „Toxine und Gegenmittel“. Alle Fragen sind vom „Best-Answer-Typ“: Durch eine negative Einfachauswahl soll die am wenigsten zutreffende Antwortmöglichkeit (Abbildungen A, B, C) oder durch eine positive Einfachauswahl die einzige richtige Antwortmöglichkeit (Abbildungen D, E, F) ausgewählt werden.

Übersicht	Kurs	Konto	
Themengebiete		Fortschritt	Korrekt beantwortet
ACE-Hemmer / Ca-Kanalblocker		0 von 19	-
Adrenerge Agonisten und Antagonisten		1 von 26	-
Analgetika (NSAIDs, Opioide)		25 von 25	76 %
Anästhetika, Muskelrelaxantien		15 von 15	47 %
Antiarrhythmika		1 von 17	-

Abbildung 8: Ergebnismittelung innerhalb der einzelnen Themengebiete. Aufbau und Betitelung der Spalten entsprechend der Abbildung. Lag der prozentuale Anteil der korrekt beantworteten Fragen bei 60 % oder höher, wurde der Zahlenwert in Grün angezeigt, unter 60 % in Rot. Mit einem Klick auf das Kreissymbol konnten die Studierenden die Beantwortung eines Themengebiets, das sie bereits komplett beantwortet hatten, erneut starten.

Bei der Konzipierung von McPeer wurde besonders darauf geachtet, dass eine weitere Nutzung der Plattform auch in Zukunft möglich ist. Daher gab es für Lehrende die Möglichkeit, sich ein Konto zu erstellen (siehe Abbildung 1) und eigene Kurse anzulegen. In Abbildung 9 sieht man die Kursverwaltung.

Statistik	Kursverwaltung	Fragenverwaltung	Testate	Konto			
Allgemeine Pharmakologie							
		Kursname bearbeiten	Matrikelnummern hinzufügen				
Matrikelnummer ▲	Name ▼	Vorname ▼	Fortschritt ▼	Korrekt ▼	Testate ▼	✉	✕
██████████	██████████	██████████	-	-	-	✉	✕
██████████	██████████	██████████	96 %	66 %	-	✉	✕
██████████	██████████	██████████	90 %	64 %	-	✉	✕
██████████	██████████	██████████	66 %	52 %	-	✉	✕
██████████	██████████	██████████	43 %	30 %	-	✉	✕

Abbildung 9: In der Ansicht der Rubrik „Kursverwaltung“ verschafft sich der Dozent eine Übersicht über das Ergebnis einzelner Studierenden. In diesem Fall war die Kursverwaltung für die Lehrveranstaltung „Allgemeine Pharmakologie“ dargestellt. Die Bezeichnung der Lehrveranstaltung konnte mit einem Klick auf „Kursname bearbeiten“ geändert werden. Das Hinzufügen weiterer Studierender zu einer Lehrveranstaltung war mit einem Klick auf „Matrikelnummern hinzufügen“ möglich. Die Spalten „Matrikelnummer“, „Name“ und „Vorname“ enthielten die persönlichen Daten der jeweiligen Studierenden. Aus Datenschutzgründen wurden diese Daten in der Abbildung geschwärzt. In der Spalte „Fortschritt“ konnten sich die Lehrenden einen Überblick über den prozentualen Anteil der bereits beantworteten Fragen aller 440 Fragen verschaffen. Die Spalte „Korrekt“ gab Auskunft über den prozentualen Anteil der korrekt beantworteten Fragen aus der Gesamtheit der bisher beantworteten Fragen. Bei einem Zahlenwert von 60 % oder höher wurde der Zahlenwert in Schwarz angezeigt, bei unter 60 % in Rot. Die Spalte „Testate“ würde Ergebnisse aus optionalen Zwischenprüfungen auf McPeer anzeigen, wobei diese Funktion für die vorliegende Studie nicht zum Einsatz kam. Eine direkte Kontaktaufnahme mit den Studierenden per E-Mail war mit einem Klick auf das Briefsymbol möglich. Durch einen Klick auf das X-Symbol konnte das Konto von Studierenden aus der Lehrveranstaltung gelöscht werden.

In Abbildung 10 wird dargestellt, wie die Lehrenden die Fragen, die in Themengebiete aufgeteilt sind, verwalten.

Statistik	Kursverwaltung	Fragenverwaltung	Testate	Konto
Themengebiete		Themengebiete hinzufügen		
	Fragen	Fortschritt	Korrekt	
ACE-Hemmer / Ca-Kanalblocker	19	63 %	73 %	☆ ✎ ↻ ↗ 🔌 ✕
Adrenerge Agonisten und Antagonisten	26	63 %	76 %	☆ ✎ ↻ ↗ 🔌 ✕
Analgetika (NSAIDs, Opiode)	25	32 %	77 %	☆ ✎ ↻ ↗ 🔌 ✕
Anästhetika, Muskelrelaxantien	15	61 %	70 %	☆ ✎ ↻ ↗ 🔌 ✕
Antiarrhythmika	17	60 %	77 %	☆ ✎ ↻ ↗ 🔌 ✕

Abbildung 10: In der Ansicht der Rubrik „Fragenverwaltung“ verschafft sich der Dozent eine Übersicht über die kollektive Leistung in einem Themengebiet. Die von den Lehrenden eingepflegten Themengebiete der jeweiligen Lehrveranstaltung waren alphabetisch aufgelistet. Die Spalte „Fragen“ enthielt die Anzahl der Fragen innerhalb des jeweiligen Themengebiets. In der Spalte „Fortschritt“ erhielten die Lehrenden anhand eines prozentualen Zahlenwerts einen Eindruck davon, wie viele Fragen die Studierenden einer Lehrveranstaltung bereits beantwortet hatten. Beispielsweise würde ein Wert von 100 % bedeuten, dass alle Studierenden der jeweiligen Lehrveranstaltung alle Fragen des jeweiligen Themengebiets im 1. Versuch beantwortet hatten. Die Spalte „Korrekt“ gab mit einem prozentualen Zahlenwert an, wie viele der bereits beantworteten Fragen korrekt beantwortet wurden. Ein Klick auf das Sternsymbol dient der Hervorhebung des Themengebiets. Es wird sodann den Studierenden als Erstes in der Auflistung der Themengebiete angezeigt. Durch Klicken auf das Stiftsymbol öffnet sich der Bearbeitungsmodus des Themengebiets, in dem die zugehörigen Fragen verändert werden können. Ein Klick auf Kreissymbol setzt die gesammelten Leistungsdaten der Studierenden des Themengebiets zurück. Durch einen Klick auf das viereckige Symbol mit Pfeil öffnet sich der Exportmodus. Hier können Lehrende ganze Themengebiete ohne Leistungsdaten der Studierenden an andere Lehrende versenden. Ein Klick auf das Kreissymbol mit Strich ermöglicht die Aktivierung (blau) oder Deaktivierung (schwarz) des jeweiligen Themengebiets für die Studierenden. Durch Anklicken des X-Symbols kann das Themengebiet gelöscht werden.

McPeer bietet die Möglichkeit, Testate durchzuführen (siehe Abbildung 10, Rubrik „Testate“). Diese Funktion kam zwar bei dieser Studie nicht zum Einsatz, kann jedoch in zukünftigen Lehrveranstaltungen genutzt werden. Für diese Studie mussten die gesammelten Leistungsdaten der Studierenden aus der Datenbank exportiert werden, um die Daten mit den Leistungen in der Abschlussklausur zusammenzuführen und anonymisiert zu bewerten.

2.2 Ablauf der Studie und Teilnehmende

In der vorliegenden prospektiven Studie wurde am Beispiel von 393 Studierenden die Lernentwicklung in einer Lehrveranstaltung beobachtet. Die Studierenden nahmen im Rahmen ihres Medizinstudiums an der Technischen Universität München (TUM) im ersten klinischen Semester an der Lehrveranstaltung „Allgemeine Pharmakologie“ teil. Ziel der Lehrveranstaltung ist die Wissensvermittlung relevanter Arzneimittel beziehungsweise Arzneimittelklassen inklusive ihrer Eigenschaften. Zu den Eigenschaften zählen: Wirkungsmechanismen, Nebenwirkungen, Indikationen und Kontraindikationen, Interaktionen sowie physiologische und pathophysiologische Grundlagen. Um einen solch umfangreichen Lernstoffkatalog aus über 300 Arzneimitteln mit all ihren Eigenschaften effektiv vermitteln zu können, findet die Lehrveranstaltung am Ende des Semesters als Blockpraktikum ohne

parallele Lehrveranstaltungen statt. Die Lehrveranstaltung bestand aus einer insgesamt 24-tägigen Lehrperiode mit täglichen Vorlesungen von Montag bis Freitag und zwei Seminaren pro Woche. Es folgte ein Selbststudium ohne Lehrveranstaltungen über einen Zeitraum von zwölf Tagen und anschließend eine schriftliche Abschlussprüfung (siehe Abbildung 11).

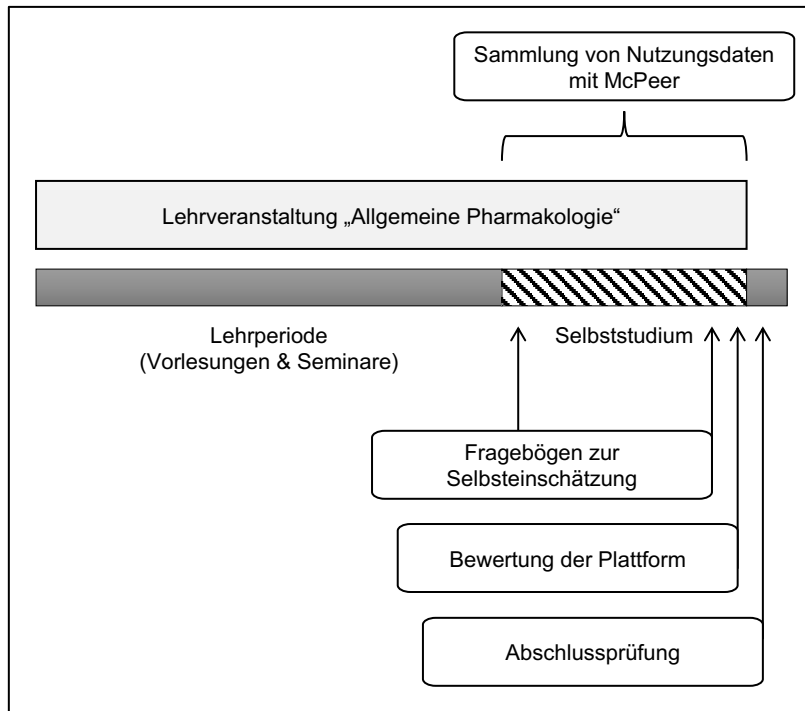


Abbildung 11: Versuchsaufbau und Zeitachse. Es wurde ein mit gemischten Forschungsmethoden ausgestattetes Studiendesign (Sammlung von Nutzungsdaten, Fragebögen zur Selbsteinschätzung und Bewertung der Plattform) gewählt.

Die schriftliche Abschlussprüfung bestand aus 50 Single-Choice-Fragen aus allen Themengebieten mit jeweils fünf Antwortoptionen und einer korrekten Antwort. Im Zeitraum des Selbststudiums der Studierenden wurden während der Nutzung von McPeer Daten erhoben. Fragebögen zur Selbsteinschätzung des pharmakologischen Wissenstands (siehe Abbildung 12) wurden den Studierenden nach ihrer ersten Anmeldung bei McPeer (1. Einschätzung, präinterventionell) und 24 Stunden vor der Abschlussprüfung (2. Einschätzung, postinterventionell) angezeigt. Fragebögen zur Selbsteinschätzung des pharmakologischen Wissenstands enthielten eine 5-Punkte-Likert-Skala (1 = „unsicher“ bis 5 = „sicher“) für jedes der 27 Themengebiete (siehe Tabelle 1). Die Studienteilnehmenden waren nicht verpflichtet, die Fragebögen zu beantworten. Außerdem wurde ein Fragebogen zur Bewertung von McPeer selbst angezeigt. Das Studienprotokoll und das Zustimmungsverfahren der Studierenden wurden jeweils vom Ethikkomitee der TUM School of Medicine (Projektnummer 564/15 S) genehmigt. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig, und von allen Studienteilnehmenden wurde eine Zustimmung aktiv verlangt. Alle Daten wurden anonymisiert verarbeitet.

Themengebiete	Ich fühle mich in diesem Themengebiet...						Enthaltung
ACE-Hemmer / Ca-Kanalblocker	unsicher	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sicher	<input type="radio"/>
Adrenerge Agonisten und Antagonisten	unsicher	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sicher	<input type="radio"/>
Analgetika (NSAIDs, Opiode)	unsicher	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sicher	<input type="radio"/>
Anästhetika, Muskelrelaxantien	unsicher	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sicher	<input type="radio"/>
Antiarrhythmika	unsicher	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sicher	<input type="radio"/>

Abbildung 12: Fragebogen zur Selbsteinschätzung des pharmakologischen Fachwissens.

Die zentrale Frage der hier vorgestellten Studie ist, inwieweit die Wissensvermittlung aus Sicht der Studierenden und aus Sicht der Lehrenden durch die Lernplattform McPeer verbessert werden kann. Diese Untersuchung wurde an Studierenden durchgeführt, die im Rahmen des Medizinstudiums an der Technischen Universität München im ersten Semester an der Lehrveranstaltung „Allgemeine Pharmakologie“ am Institut für Pharmakologie und Toxikologie teilnahmen. Für diese Lehrveranstaltung waren 393 Studierende angemeldet. Die Nutzung der Lernplattform war ein Angebot und insofern freiwillig. 355 Studierende haben sich bei McPeer registriert. Zugleich hatten diese Studierenden der entsprechenden Auswertung und anonymisierten Publikation der auf McPeer gesammelten Daten zugestimmt. An der Abschlussprüfung nahmen insgesamt 336 Studierende teil. Nachdem die Lernleistung schließlich am Ergebnis der Abschlussprüfung gemessen und dieses Ergebnis als wesentlicher Indikator für die Effektivität der Wissensvermittlung herangezogen wurde, standen folglich diese 336 Studierenden zur Auswertung ihrer Lerndaten zur Verfügung. Wie bereits ausgeführt, bestand das Nutzungsangebot der Lernplattform McPeer während der Zeit des Selbststudiums (vergleiche Abbildung 11).

Nach Aufruf der Lernplattform wurden den Studierenden 440 Fragen mit durchschnittlich 16,3 Fragen pro Themengebiet aus allen Themenbereichen der Pharmakologie gestellt (vergleiche Tabelle 1). Mit dem Klick auf eine der Antwortmöglichkeiten erhielten die Studierenden umgehend Rückmeldung, ob die korrekte Antwort ausgewählt wurde. Bei einer falschen Antwort konnte die Frage wiederholt werden. Auch eine Unterbrechung und eine spätere Fortsetzung der Beantwortung waren möglich. Es gab keine zeitliche Begrenzung oder Beschränkung in der Anzahl der Wiederholungen. Die Fragen wurden bei Wiederholungen in der gleichen Reihenfolge angezeigt.

Die gestellten 440 Fragen wurden von 224 Studierenden in Gänze beantwortet. Diese Antwortserie wird im Folgenden unter dem **1. Versuch** zusammengefasst. 46 dieser 224 Studierenden gaben sich mit der einmaligen Beantwortung der 440 Fragen nicht zufrieden und

beantworteten sämtliche gestellten 440 Fragen ein zweites Mal. Dies wird als der **2. Versuch** bezeichnet. Die Auswertung der auf McPeer gesammelten Daten zeigt an, dass 5 Studierende (von den 46) einen weiteren **3. Versuch** unternommen haben. Für die Auswertung der Leistungen der Studierenden wurden drei Arten von Effekten definiert: 1.) Der reine Wiederholungseffekt bedeutet die Leistungssteigerung, die durch die Konfrontation der Studierenden mit immer den gleichen Fragen erzielt wird. 2.) Der Wiederholungseffekt hingegen geht zwar auch davon aus, dass der Faktor „Wiederholung“ einen gewissen Einfluss auf das Ergebnis hat, entscheidend aber ist, dass die Studierenden in der Abschlussprüfung mit völlig neuen Fragen konfrontiert werden. 3.) Der Nutzungseffekt beschreibt den Einfluss der Nutzung beziehungsweise Nichtnutzung von McPeer auf die Leistung in der Abschlussprüfung.

2.3 Der reine Wiederholungseffekt

Zwar handelt es sich bei den drei Versuchen um drei jeweils unterschiedliche Gruppengrößen, dennoch werden sich durch den Leistungsvergleich, wenn auch keine Signifikanzen, so doch Tendenzen erkennen lassen, die Hinweise geben können auf den Effekt der reinen Wiederholung auf den Lernerfolg. Aus dem Vergleich der drei Versuche resultiert demnach der reine Wiederholungseffekt, dass sich die Studierenden stets mit den gleichen Fragen auseinandersetzen und die Quote der richtig beantworteten Fragen allein der Wiederholung geschuldet ist. Das also ist der Effekt, der durch die Beschäftigung mit immer den gleichen Fragen erzielt wird.

2.4 Der Wiederholungseffekt

Diese drei Versuche eröffnen eine weitere Möglichkeit, den Stellenwert der Wiederholung in Bezug auf die abschließende Leistung in der Abschlussprüfung einzuordnen. Dabei ist zu bedenken, dass sich die 440 Fragen während der Zeit des Selbststudiums nicht ändern, dass aber in der Abschlussprüfung völlig neue Fragen gestellt werden. Es ist also zu fragen, inwieweit der Wiederholungseffekt Auswirkungen hat auf das Endergebnis in der Abschlussprüfung. Im Unterschied zum reinen Wiederholungseffekt spricht man beim Vergleich mit dem Ergebnis der Abschlussprüfung nur vom Wiederholungseffekt. Als hartes Kriterium für den Erfolg der Abschlussprüfung gilt die abschließende Testierung „bestanden“ oder „nicht bestanden“. Voraussetzung für „bestanden“ sind 60 % richtig beantworteter Fragen. Da McPeer den Zugriff auf persönliche Daten erlaubt (wenn auch anonymisiert), ist auch eine individualisierte Bewertung der Frage nach dem Wiederholungseffekt möglich. Dabei geht es nicht um allgemeine Tendenzen oder statistische Richtigkeiten, sondern um biografische Einsichten in die jeweils individuelle Wissensentwicklung. Wie entwickeln sich die Quoten richtiger Antworten in der individuellen Darstellung im zeitlichen Ablauf vom 1. zum 2. Versuch

und schließlich zur Abschlussprüfung? Die schriftliche Abschlussprüfung bestand aus 50 Multiple-Choice-Fragen aus allen Themengebieten der Pharmakologie mit jeweils fünf Antwortoptionen und jeweils einer korrekten Antwort. Die Prüfung war bestanden, wenn mindestens 60 % der Fragen richtig beantwortet wurden.

2.5 Der Nutzungseffekt

Bei der Auswertung der auf McPeer gesammelten Daten fanden sich 96 Studierende, die sich zwar eingeloggt und eine unterschiedlich große Anzahl von Fragen beantwortet hatten, doch nicht den gesamten Fragenkatalog. Sie haben sich mit den Fragen auseinandergesetzt, aber nur sporadisch eine Antwort gegeben. Noch anders verhält es sich bei 16 Studierenden, die sich zwar eingeloggt und sich wohl auch mit den Fragen beschäftigt haben, jedoch alle Fragen unbeantwortet ließen. Es handelt sich also um Studierende, die sich mit McPeer und den dort gestellten Fragen auseinandergesetzt haben, es aber nicht für notwendig erachteten, Fragen zu beantworten. Die Lernplattform wurde also unterschiedlich lange genutzt; es wird zu fragen sein, inwieweit sich dies auf das Ergebnis der Abschlussprüfung ausgewirkt hat. Wir sprechen in diesem Zusammenhang vom Nutzungseffekt.

2.6 Datenerhebung und Datenbanken

Die folgenden Lernanalyseparameter wurden automatisch während der Nutzung von McPeer gespeichert: Anzahl der Logins, insgesamt beantwortete Fragen, korrekt beantwortete Fragen pro Versuch, korrekt beantwortete Fragen gesamt, gesamt verbrachte Zeit auf McPeer und durchschnittliche Zeit zur Beantwortung einer Frage. Wie zuvor beschrieben, erfolgte die Speicherung aller Daten von McPeer in einer MySQL-Datenbankstruktur. Die Daten wurden aus Gründen der Effizienz auf acht verschiedene Datenbanken verteilt:

1. mcpeer_newuser: Speicherung der Daten neu registrierter Studierender, deren Konto noch nicht vom Administrator freigeschaltet wurde.
2. mcpeer_user: Speicherung der Daten neu registrierter Studierender, deren Konto vom Administrator freigeschaltet wurde.
3. mcpeer_main: Speicherung der Fragen.
4. mcpeer_courses: Speicherung der Lehrveranstaltungen.
5. mcpeer_matriculation: Speicherung der berechtigten Matrikelnummern der jeweiligen Lehrveranstaltung.
6. mcpeer_topics: Speicherung der Themengebiete.
7. mcpeer_userstats: Speicherung der Daten bei Beantwortung der Fragen.
8. mcpeer_showuserstats: Anzeige der Leistungen der Studierenden.

Die Datenbanken sind in Spalten strukturiert, die mit Datensätzen als Zeilen befüllt werden, ähnlich einer klassischen Tabellenkalkulation. Sämtliche gespeicherten Daten konnten als

Excel-Dateien exportiert und somit den Statistikprogrammen zugeführt werden. Hervorzuheben ist die mit den meisten Daten gefüllte Datenbank namens mcpeer_userstats. In dieser Datenbank wurde für jede einzelne beantwortete Frage ein neuer Datensatz angelegt, sodass in dieser Studie über 300.000 Datensätze anfielen. Die Struktur der Datenbank ist im Folgenden dargestellt:

Spalte	Beschreibung
id	eindeutige Identifikationsnummer
time	Uhrzeit der Anzeige der Frage
userid	eindeutige Identifikationsnummer der Studierenden, die diese Frage beantwortet haben
courseid	Identifikationsnummer der Lehrveranstaltung
topic	Identifikationsnummer des Themengebiets
attempt	Anzahl der wiederholten Beantwortung der Frage
questionid	Identifikationsnummer der Frage
answer	gewählte Antwortmöglichkeit der Studierenden
solution	korrekte Antwortmöglichkeit
duration	Zeitspanne der Beantwortung der Frage
endtime	Uhrzeit der Auswahl der Antwortmöglichkeit

Tabelle 2: Struktur der Datenbank mcpeer_userstats.

Für die Studienteilnehmenden wurden individuelle numerische Identifikationscodes generiert. Die Leistungsdaten der Studierenden wurden diesen Identifikationscodes anonymisiert zugeordnet. Wie Abbildung 13 zeigt, erfolgte ein Abgleich der Leistungsdaten über die Namen und Matrikelnummern der Studierenden. Für die statistische Auswertung wurden alle weiteren persönlichen Daten gelöscht. Die Dozenten der Lehrveranstaltung hatten keinen Zugang zu diesen Daten.

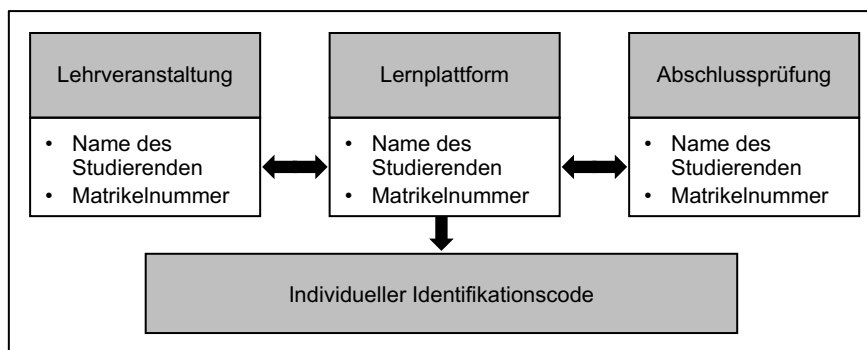


Abbildung 13: Abgleich und Anonymisierung der Daten der Studierenden.

2.7 Selbsteinschätzung

Zu Beginn des Selbststudiums sowie 24 Stunden vor der Abschlussprüfung wurden den Studierenden Fragebögen zur Selbsteinschätzung ihres pharmakologischen Wissensstands angezeigt. Diese Einschätzung betraf jedes einzelne Themengebiet; sie wurde durch Markierung auf einer 5-Punkte-Likert-Skala erfasst (siehe Abbildung 12). Eine Teilnahme war nicht verpflichtend. Das Studienprotokoll mit Fragebögen und Zustimmungsbelegen der Studierenden wurde vom Ethikkomitee der TUM School of Medicine genehmigt (Projektnummer: 564/15 S).

2.8 Bewertung der Lernplattform McPeer

Am Ende des Selbststudiums, noch vor der Abschlussprüfung, wurden die Studierenden gebeten, McPeer selbst zu bewerten. Auch dies geschah anhand eines angezeigten Fragebogens.

2.9 Angaben zum Geschlecht

Die auf McPeer gesammelten Daten geben die Möglichkeit, auch geschlechtsspezifische Fragen zu beleuchten. So interessieren eventuell Unterschiede hinsichtlich der Leistungserbringung und hinsichtlich der Lernbereitschaft.

2.10 Statistiken

Um die Korrelation zwischen den verschiedenen Lernanalyseparametern und der Leistung in der Abschlussprüfung zu bestimmen, erfolgte eine Analyse mit dem Korrelationskoeffizienten von Pearson (r). Ein multiples Regressionsmodell mit einem Vorwärts-Algorithmus wurde angewendet, um alle Variablen zu berücksichtigen und um abzuschätzen, wie viel Erklärungswert jede Variable liefert, indem man R-Quadrat und Änderungen von R-Quadrat einsetzt. Die Modellannahmen wurden durch eine Residuenanalyse getestet. Die Normalverteilung der Daten wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft. Zusätzlich wurden Schiefe und Wölbung für die analysierten Variablen berechnet. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest fand Anwendung, um Unterschiede zwischen den Datenpaaren, die während der Selbsteinschätzung gesammelt wurden, zu berechnen. Die Beschreibung der kontinuierlichen Variablen erfolgte unter Verwendung des Mittelwerts und der Standardabweichung. Gruppen wurden mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests oder Student's t-Tests verglichen. Zur Analyse der Differenz zweier abhängiger Korrelationen aus derselben Stichprobe wurde der Steiger-z-Test verwendet. Fishers Z-Transformation wurde auf die Korrelationskoeffizienten angewendet, um Z-Werte zu erhalten, die in einem asymptotischen Z-Test verglichen werden können. Signifikanz wird für Z-Werte größer als $|1,96|$ eines

zweiseitigen Tests angenommen. P-Werte $< 0,05$ galten als statistisch signifikant. Alle statistischen Berechnungen wurden mit dem statistischen Paket für die Sozialwissenschaften (SPSS, Statistical Package for the Social Sciences), Version 23 (IBM Corporation, Armonk NY), durchgeführt. Die Erstellung von Histogrammen und Box-Plots erfolgte mit der Software GraphPad PRISM 6.0 (La Jolla, CA).

3. Ergebnisse

3.1 Studienteilnehmer

Insgesamt 393 Studierende waren für die Lehrveranstaltung „Allgemeine Pharmakologie“ (Wintersemester 2014/15) an der TUM eingeschrieben. Das Durchschnittsalter der Teilnehmenden betrug $24,4 \pm 4,2$ Jahre. Das Verhältnis zwischen Teilnehmerinnen und Teilnehmern lag bei 150 : 74 mit 150 (67 %) weiblichen und 74 (33 %) männlichen Studierenden. Im Vergleich dazu waren 65 % aller Medizinstudierenden und 67,7 % der Erststudierenden in Deutschland im Wintersemester 2014/15 weiblich (Statistisches Jahrbuch, 2015).

Von den 393 Studierenden gaben 355 ihr Einverständnis, an der Studie teilzunehmen. Abbildung 14 zeigt in einem Flussdiagramm die Entstehung der unterschiedlichen Kohorten, deren Daten im Folgenden analysiert werden.

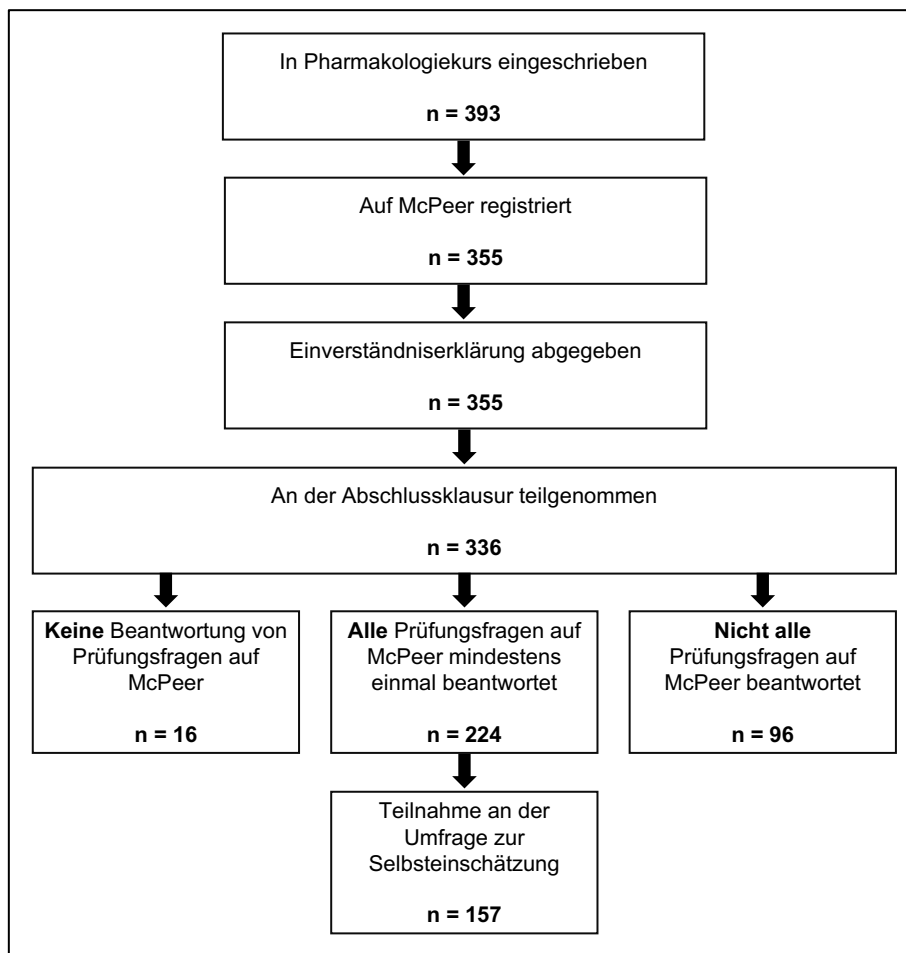


Abbildung 14: Flussdiagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Kohorten, die für die nachfolgenden Analysen verwendet wurden.

3.2 Beginn der Nutzung von McPeer

Während der 24-tägigen Lehrperiode wurde der Lernstoff aller 27 prüfungsrelevanten Themenbereiche in Vorlesungen und Seminaren vermittelt. Mit Beginn des 12-tägigen Selbststudiums hatten die Studierenden die Möglichkeit, McPeer zu nutzen. Den 224 Studierenden, die alle 440 Fragen mindestens im 1. Versuch beantwortet haben, gilt im Folgenden unser besonderes Interesse. Abbildung 15 zeigt, an welchem Tag des Selbststudiums die Studierenden ihre erste Frage auf McPeer beantwortet und somit McPeer das erste Mal aktiv genutzt haben.

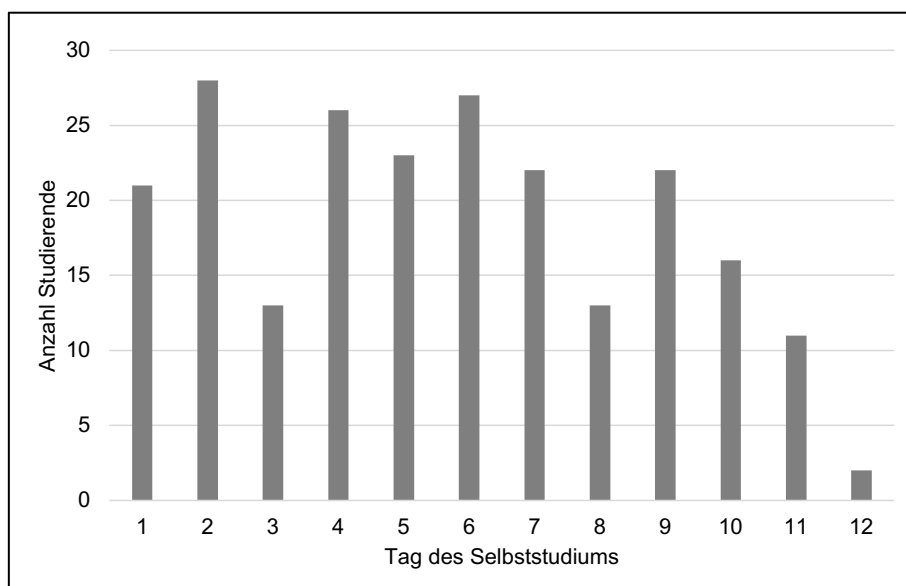


Abbildung 15: Anzahl der Studierenden pro Tag des Selbststudiums, an dem sie ihre erste Frage auf McPeer beantwortet haben (n = 224).

3.3 Analyse der Nutzungsdaten und Korrelation mit der Abschlussprüfung

Folgende Lernanalyseparameter wurden in die Auswertung miteinbezogen: „Anzahl an Logins“: die Anzahl der Anmeldungen der Studierenden auf McPeer, „Gesamte Fragen“: die Anzahl aller beantworteten Fragen (korrekt und falsch) auf McPeer im Zeitraum des Selbststudiums, „Gesamtleistung“: der Prozentanteil aller korrekt beantworteten Fragen (inklusive Wiederholungen), „Leistung im 1. Versuch“: der Prozentanteil korrekt beantworteter Fragen bei der erstmaligen Beantwortung aller Fragen, „Gesamtzeit“: Dauer der Beantwortung aller Fragen, „Zeit pro Frage“: Dauer der Beantwortung einer Frage (Startzeitpunkt: Anzeige der Frage, Ende: Auswahl einer Antwortmöglichkeit). Um potenzielle Tendenzen bei den Korrelationen zwischen gesammelten Daten auf McPeer und der Leistung in der Abschlussprüfung als Maßstab für die Leistung in der Abschlussklausur zu identifizieren, wurden Streudiagramme erstellt (Field, 2009, Macfayden, 2010). Abbildung 16 zeigt

repräsentative Streudiagramme der Lernanalyseparameter, die signifikant mit der Leistung in der Abschlussprüfung korrelieren.

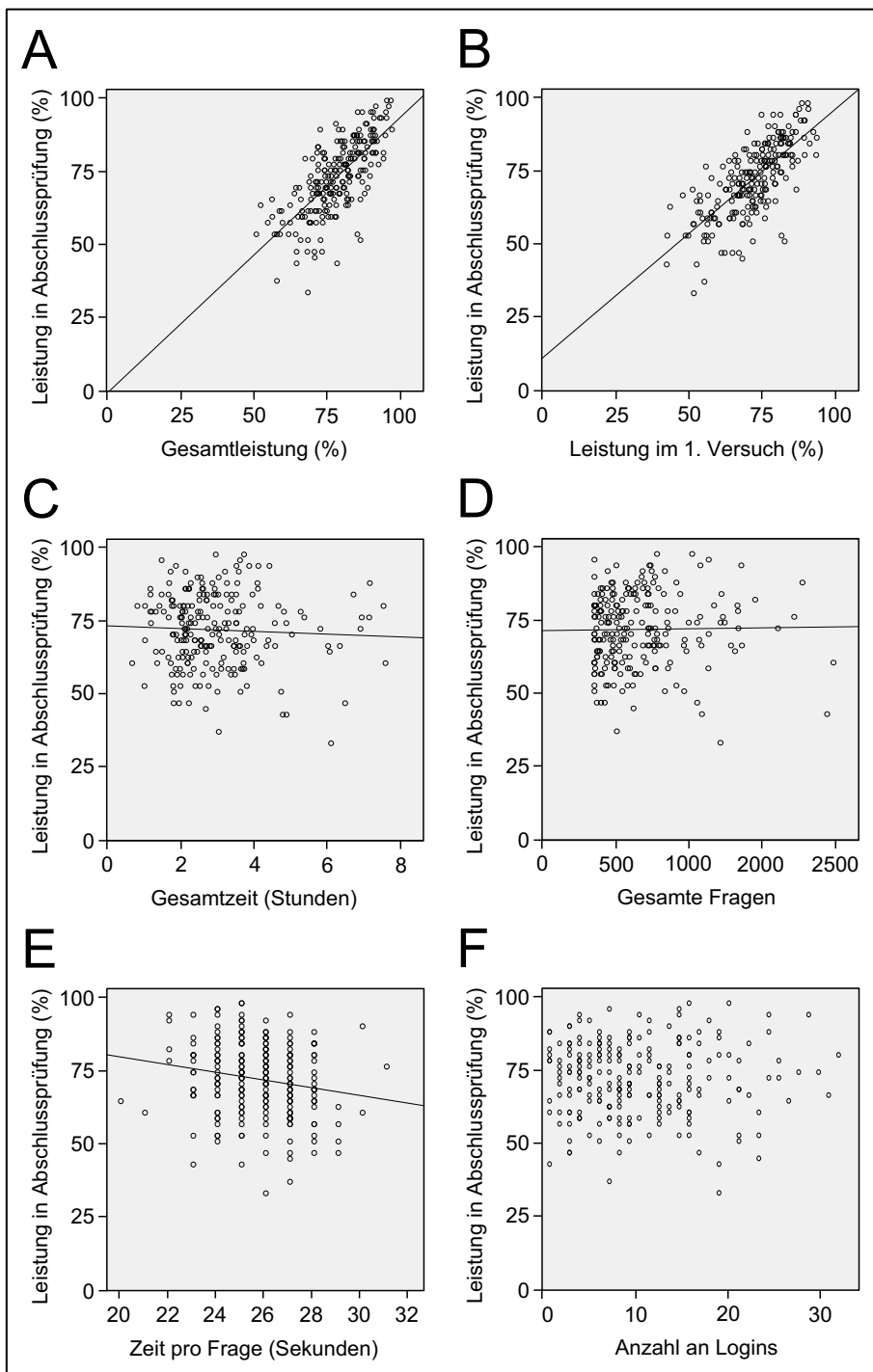


Abbildung 16: Die hier dargestellten Korrelationen betreffen ausschließlich die 224 Studierenden, wie zuvor ausgeführt. Streudiagramme stellen die Korrelation der Leistung in der Abschlussprüfung (prozentualer Anteil an korrekt beantworteten Fragen, y-Achse) gegenüber verschiedenen Lernanalyseparametern (x-Achse) dar. A: Gesamtleistung in 3 Versuchen: prozentualer Anteil aller korrekt beantworteten Fragen während der Nutzung von McPeer. B: Leistung 1. Versuch: prozentualer Anteil korrekt beantworteter Fragen bei der erstmaligen Beantwortung aller Fragen. C: Gesamtzeit: gesamte verbrachte Zeit auf McPeer während der Beantwortung von Fragen. D: Gesamte Fragen: Anzahl aller beantworteten Fragen auf McPeer. E: Zeit pro Frage: durchschnittliche Dauer zur Beantwortung einer Frage. F: Anzahl an Logins: Anzahl der Anmeldungen auf McPeer (n = 224).

Der mittlere Prozentsatz der korrekten Antworten in der Abschlussprüfung betrug bei allen Studierenden $73,6 \pm 12,8 \%$. Bei weiblichen Studierenden lag der Wert bei $73,8 \pm 13,2 \%$ und bei männlichen Studierenden bei $73,2 \pm 12,0 \%$. Um die Bedeutung ausgewählter Parameter als Indikatoren der Leistungen der Studierenden weiter zu untersuchen, wurde eine einfache (bivariate) Korrelation aller Parameter mit der Leistung in der Abschlussprüfung berechnet. Von den Lernanalyseparametern, die auf McPeer gesammelt wurden, zeigten nur die Gesamtleistung und die Leistung des 1. Versuchs eine positive und statistisch signifikante Korrelation mit der Leistung in der Abschlussprüfung ($r = 0,71$ und $r = 0,72$, jeweils $p < 0,001$). In Tabelle 4 werden die in Abbildung 16 wiedergegebenen Ergebnisse deskriptiv dargestellt.

Parameter	Durchschnitt (\pm SD)	Median	Bivariate Korrelation r	p-Wert
Anzahl an Logins	10,01 (\pm 7)	9 [5;14]	0,01	0,893
Gesamte Fragen	813,82 (\pm 378)	701 [532;945]	0,02	0,813
Gesamtleistung	75,45 % (\pm 9.2)	76 [69;82]	0,71	< 0,001
Leistung im 1. Versuch	70,24 % (\pm 10.1)	71 [64;77]	0,72	< 0,001
Gesamtzeit	4,99 Std. (\pm 1,83)	5 [4;6]	-0,05	0,465
Zeit pro Frage	25,71 s (\pm 1,73)	26 [25;27]	-0,05	0,006

Tabelle 3: Deskriptive Statistik und bivariate Korrelation der in Abbildung 16 aufgeführten Lernanalyseparameter mit der Leistung in der Abschlussklausur. „Anzahl an Logins“: Zahl der Anmeldungen auf McPeer. „Gesamte Fragen“: Anzahl der beantworteten Fragen, sowohl richtig als auch falsch. „Gesamtleistung“: prozentualer Anteil aller korrekt beantworteten Fragen. „Leistung im 1. Versuch“: prozentualer Anteil korrekt beantworteter Fragen bei der erstmaligen Beantwortung aller Fragen. „Gesamtzeit“: Dauer der Beantwortung (Öffnen der Frage bis Auswahl einer Antwortmöglichkeit) aller Fragen in Stunden. „Zeit pro Frage“: durchschnittliche Dauer zur Beantwortung (Öffnen der Frage bis Auswahl einer Antwortmöglichkeit) einer Frage in Sekunden ($n = 224$).

Im Gegensatz dazu gab es keine signifikante Korrelation zwischen der Anzahl der Logins ($r = 0,01$, $p = 0,893$), der Anzahl aller beantworteten Fragen, egal ob korrekt oder falsch ($r = 0,02$, $p = 0,813$), oder der Zeit, die auf McPeer insgesamt verbracht wurde ($r = -0,05$, $p = 0,459$), mit der Leistung in der Abschlussprüfung. Die Korrelation des Lernanalyseparameters „Zeit pro Frage“ korrelierte negativ ($r = -0,18$) signifikant ($p = 0,006$) mit der Leistung in der Abschlussprüfung der Studienteilnehmenden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die bivariate Korrelationsanalyse die Gesamtleistung und die Leistung im 1. Versuch als objektive und statistisch signifikante Korrelation zur Leistung in der Abschlussprüfung identifiziert hat.

3.4 Der reine Wiederholungseffekt

Abbildung 17 stellt die Leistungen der 224 Studierenden in drei Gruppen dar: 224 Studierende, die die Fragen im 1. Versuch beantwortet haben, 46, die die Fragen im 1. und 2. Versuch beantwortet haben, und schließlich fünf Studierende, die alle Fragen im 1., 2. und 3. Versuch beantwortet haben. Durch die wiederholte Beantwortung derselben Fragen kommt es zu einer sichtbaren Steigerung des Anteils der korrekt beantworteten Fragen.

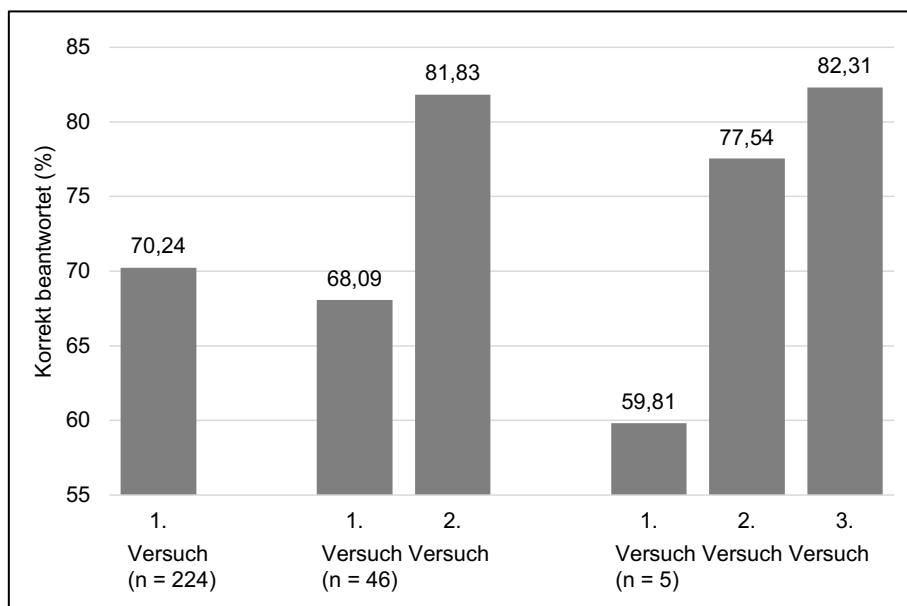


Abbildung 17: Übersicht der Leistung, prozentualer Anteil korrekt beantworteter Fragen der Studierenden auf McPeer. Gruppierung nach der Beantwortung aller Fragen im 1. (n = 224) und 1. und 2. (n = 46) und 1., 2. und 3. (n = 5) Versuch.

Abbildung 17 zeigt gleichzeitig, dass die fünf Studierenden, die alle drei Versuche komplett durchgeführt haben, im 1. Versuch deutlich schlechtere Ergebnisse erzielten als die übrigen Studierenden.

3.5 Der Wiederholungseffekt

In Abbildung 18 werden die Leistungen der zuvor genannten drei Gruppen mit der Leistung in der Abschlussprüfung verglichen. Es zeigt sich, dass die Studierenden, die die Fragen auch im 3. Versuch beantwortet haben, schlechter abschneiden als die Studierenden des 1. und 2. Versuchs. Das bedeutet, dass der reine Wiederholungseffekt nicht zum Tragen kommt, wenn die Studierenden mit völlig neuen Fragen konfrontiert werden, wie es in der Abschlussprüfung der Fall war. Wiederholung bedeutet jedoch gleichzeitig eine intensive Beschäftigung mit den Lerninhalten, sodass ein positiver Effekt auch auf das Ergebnis der Abschlussprüfung erwartet werden könnte. Dass dies hier bei den fünf Studierenden nicht der Fall war, muss Gründe haben, die im Bereich der privaten Lernkultur liegen.

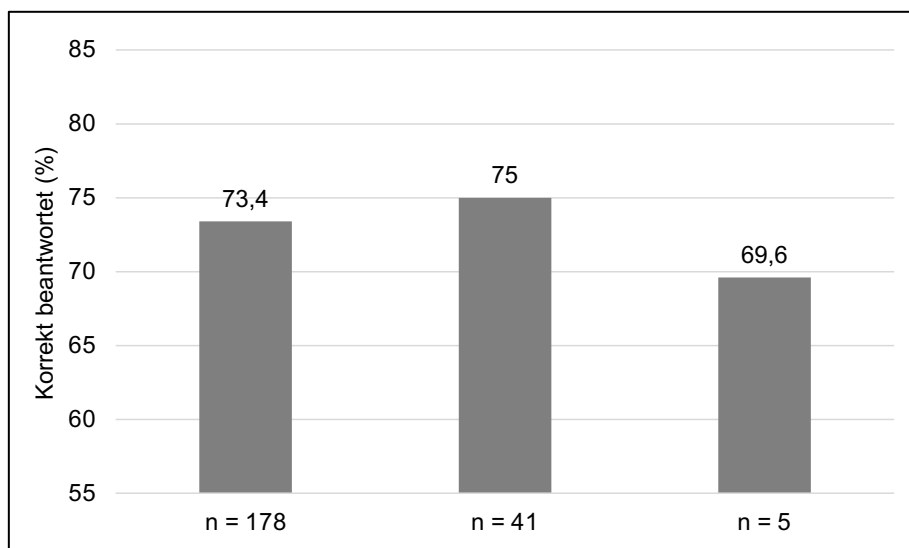


Abbildung 18: Ergebnis der Abschlussprüfung in Abhängigkeit von der Anzahl der komplett abgeschlossenen Versuche (1. Versuch n = 178; 2. Versuch n = 41; 3. Versuch n = 5).

In der folgenden Tabelle werden die Themengebiete mit den entsprechenden Leistungen der Studierenden sowohl auf McPeer als auch in der Abschlussprüfung aufgeführt:

Themengebiete	Anzahl Fragen McPeer	1. Versuch (%)	Anzahl Fragen Abschlussprüfung	Abschlussprüfung (%)
ACE-Hemmer/Ca-Kanalblocker	19	76,22	1	99,11
Adrenerge Agonisten und Antagonisten	26	79,19	3	86,31
Analgetika (NSAIDs, Opioide)	25	77,34	2	50,67
Anästhetika, Muskelrelaxantien	15	64,97	2	72,32
Antiarrhythmika	17	70,9	1	79,91
Antidepressiva	27	70,54	2	74,11
Antidiabetika	16	70,81	2	72,77
Antidiarrhoika, Magen	21	65,08	2	72,54
Antiemetika	14	76,44	0	0
Antiepileptika	13	72,28	2	76,79
Antimalaria- und Antituberkulose-Präparate	11	64,26	1	91,07
Antimikrobielle Medikamente	17	64,71	4	74
Antiparkinsonika	34	72,93	2	62,05
Antipsychotika	14	76,81	3	68,01
Antitumorale Medikamente	18	66,07	0	0
Antivirale Medikamente, Antimykotika	17	72,43	2	73,66
Fortsetzung auf der folgenden Seite				

Themengebiete	Anzahl Fragen McPeer	1. Versuch (%)	Anzahl Fragen Abschlussprüfung	Abschlussprüfung (%)
Beruhigungsmittel	16	72,63	1	66,07
Cholinergische Agonisten und Antagonisten	17	69,42	2	91,96
Diuretika	10	65,77	1	65,63
Immunsuppressive Medikamente	10	68,95	0	0
Kalziumstoffwechsel, Schilddrüsenhormone	15	71,14	2	72,32
Kortikosteroide, Biologika	11	63,13	3	84,97
Pharmakodynamik	10	70,89	2	61,38
Pharmakokinetik und -genetik	14	61,48	4	71,76
Steroide	16	73,34	2	71,21
Thrombozytenaggregationshemmer, Antikoagulantien, Thrombolytika	11	69,94	4	68,75
Toxine und Gegenmittel	6	55,36	0	0
Total	440	70,24	50	73,63

Tabelle 4: Auflistung der Themengebiete auf McPeer und in der Abschlussklausur. Die Spalte „1. Versuch“ enthält den Prozentsatz der korrekt beantworteten Fragen nach der erstmaligen kompletten Beantwortung aller Fragen des jeweiligen Themengebiets. Die Spalte „Abschlussprüfung“ enthält den Prozentsatz der korrekt beantworteten Fragen in der Abschlussprüfung (n = 224).

Solche Detailanalysen, die die Lernplattform McPeer ermöglicht, geben dem Dozenten wertvolle Hinweise über die Effektivität der Wissensvermittlung in den einzelnen Themengebieten. Für den Dozenten ist daraus leicht abzuleiten, in welchen Bereichen die Lehrtätigkeit intensiviert werden muss. Die Bedeutung des Wiederholungseffekts ist mit einer solchen Detailübersicht nicht darzustellen.

Als Nächstes wurde eine Analyse der 46 Studierenden, die den 1. und 2. Versuch absolviert haben, durchgeführt. Es galt, den Effekt der wiederholten Beantwortung von Single-Choice-Fragen auf den Korrelationskoeffizienten r von Pearson zu untersuchen. Ein häufiges Problem von wiederholten Messungen, in diesem Fall die mehrfache Beantwortung derselben Fragen, ist die Möglichkeit von Serienübertragungseffekten (Mills et al., 2009), die zu Leistungsverbesserungen (z. B. durch Lerneffekte) oder Abnahmen (z. B. durch verminderte Motivation) in Prüfungen führen können. Interessanterweise waren die Leistungen der Studierenden signifikant besser im 2. Versuch (1. Versuch: $68,09 \pm 12,13$ % gegenüber 2. Versuch: $81,83 \pm 10,20$ % korrekte Antworten, $p < 0,001$; $n = 46$). Bivariate Korrelationen der Leistungen auf McPeer mit der Leistung in der Abschlussprüfung im 1. Versuch ($r = 0,8$, $p < 0,05$) und im 2. Versuch ($r = 0,75$, $p < 0,05$) lagen jedoch in einem ähnlichen Bereich und unterschieden sich nicht in statistischer Signifikanz (Z-Score = 1,08, $p = 0,275$). Abbildung 19 zeigt

Streudiagramme, die die Korrelation der Lernanalyseparameter mit der Leistung in der Abschlussprüfung darstellen.

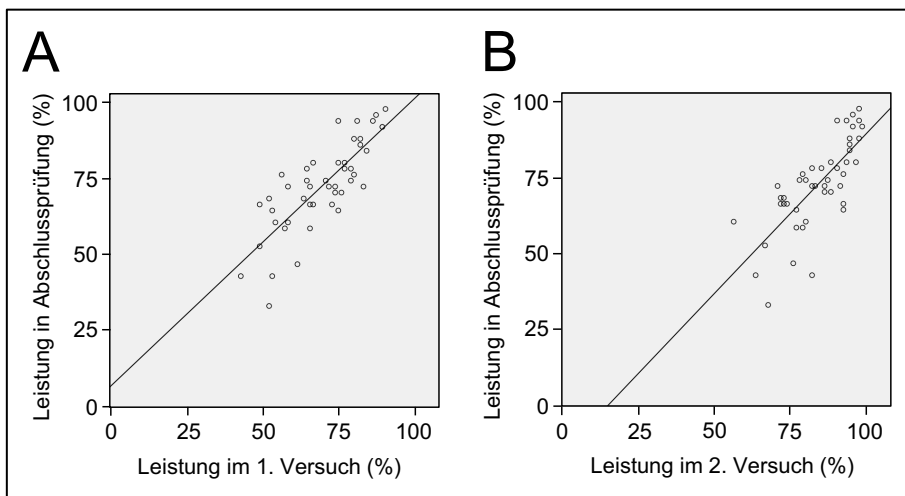


Abbildung 19: Subgruppenanalyse, die die Korrelation des 1. und 2. Versuchs der Beantwortung von Single-Choice-Fragen mit der Abschlussprüfung darstellt. Die Streudiagramme veranschaulichen die Korrelation der Leistung in der Abschlussprüfung gegenüber den Ergebnissen des 1. (A) und 2. (B) Versuchs der Beantwortung von Fragen auf McPeer. Der Koeffizient der bivariaten Korrelationen, r , wurde als Indikator für das Vorhersagemodell verwendet ($n = 46$).

Während der Phase des Selbststudiums lag die Anzahl der Studierenden, die alle Fragen in einem 1. und 2. Versuch beantwortet hatten, bei 46. Einen Einblick in die individuelle Leistungsentwicklung dieser Studierenden gewährt die folgende Tabelle.

	Geschlecht	1. Versuch (%)	2. Versuch (%)	Abschlussprüfung (%)
1	W	60 ●	74,09	48
2	W	65,23	71,14	68
3	W	52,5 ○	55	62
4	W	85,23	93,41	98
5	W	47,5 ○	69,55	68
6	M	56,82 ○	68,86	74
7	W	80,91	89,32	74
8	W	69,09	77,73	76
9	M	79,09	88,18	96
10	W	87,95	95	100
11	M	87,05	95,91	94
12	M	71,14	90	68
13	W	69,77	81,14	74
14	W	76,82	85	76
15	W	64,55	86,14	82
16	W	71,59	83,64	72
17	W	63,18	76,14	76

Fortsetzung auf der folgenden Seite

	Geschlecht	1. Versuch (%)	2. Versuch (%)	Abschlussprüfung (%)
18	W	64,09	71,82	68
19	W	80,23	92,05	88
20	W	52,05 ●	61,59	44
21	W	56,36 ○	77,27	60
22	W	86,82	93,18	94
23	W	73,41	93,64	82
24	W	78,41	92,05	90
25	M	77,27	82,73	80
26	W	55 ○	77,27	78
27	M	48,41 ●	65	54
28	W	77,95	89,77	78
29	M	63,86	75,23	60
30	W	50,68 ○	70,68	70
31	W	61,59	70,45	70
32	W	74,09	85,91	72
33	W	64,32	80,23	74
34	M	84,09	94,55	96
35	W	79,55	94,55	90
36	W	81,59	92,27	86
37	W	72,05	83,86	74
38	W	72,73	89,55	66
39	W	51,14 ●	66,14	34
40	W	62,5	80,45	80
41	W	72,95	90,68	96
42	W	75,23	90,68	82
43	W	74,77	88,41	80
44	M	56,82 ○	77,73	62
45	W	42,27 ●	79,77	44
46	W	52,05 ○	75,23	66
Total		68,09	81,83	74,43

Tabelle 5: Auflistung der Leistungen von Studierenden, die alle Fragen im 1. und 2. Versuch beantwortet haben. Die Spalte „Geschlecht“ kennzeichnet mit „W“ eine weibliche Studierende und mit „M“ einen männlichen Studierenden. Die Spalten „1. Versuch“, „2. Versuch“ enthalten den prozentualen Anteil korrekt beantworteter Fragen auf McPeer in den jeweiligen Versuchen. Die Spalte „Abschlussprüfung“ steht für den prozentualen Anteil korrekt beantworteter Fragen in der Abschlussprüfung. Grau hinterlegt sind die Leistungen der Studierenden, die trotz einer Verbesserung in der Leistung im 2. Versuch in der Abschlussklausur durchgefallen sind. Mit einem offenen Kreis sind die Studierenden markiert, die bereits im 1. Versuch durchgefallen wären. Der geschlossene Kreis markiert das Nichtbestehen in der Abschlussprüfung.

In dieser Tabelle sind jene Studierenden grau hinterlegt, die die Abschlussprüfung nicht bestanden haben. Auffallend ist, dass alle fünf Studierenden zunächst von der Wiederholung der Fragen auf McPeer profitiert haben und dann dennoch bei der Abschlussprüfung durchgefallen sind. Als Nächstes wurde eine multiple Regressionsanalyse für die folgenden Lernanalyseparameter durchgeführt: „Anzahl der Logins“, „Gesamtfragen“, „Gesamtleistung“,

„Leistung im 1. Versuch“, „Gesamtzeit“, „Zeit pro Frage“ als Prädiktoren und „Ergebnis Abschlussprüfung“ als abhängige Variable. Eine schrittweise Vorwärtsselektion wurde angewendet, und „Anzahl der Logins“, „Gesamtfragen“ und „Gesamtzeit“ wurden aus dem endgültigen Modell entfernt, während „Gesamtpunktzahl“, „Leistung im 1. Versuch“ und „Zeit pro Frage“ berücksichtigt wurden im endgültigen Modell (siehe Tabelle 6).

Variable	Effect Change	Standardfehler	T	r ²	Sig.
Leistung im 1. Versuch	0,67	0,11	6,03	0,52	< 0.0000001
Zeit pro Frage	-1,56	0,33	-4,75	0,05	0.000004
Gesamtleistung	0,34	0,12	2,73	0,014	0,007

Tabelle 6: Multiple Regressionsanalyse mit den Variablen Leistung im 1. Versuch, Zeit pro Frage und Gesamtleistung auf McPeer.

Der beste univariate Prädiktor („Leistung im 1. Versuch“) erreicht ein $r^2 = 0,52$, das multiple Regressionsmodell erreicht $r^2 = 0,60$ (korrigiertes $r^2 = 0,59$), was darauf hindeutet, dass der multivariate Ansatz zusätzliche 8 % der Variation der „Leistung Abschlussprüfung“ erklärt. In der multiplen Regression und nach Kontrolle aller anderen Variablen macht „Leistung 1. Versuch“ 52 % der Variation von „Leistung Abschlussprüfung“, „Zeit pro Frage“ zusätzliche 5 % und „Gesamtleistung“ weitere 1,4 % aus. Zusammengenommen, zeigen diese Ergebnisse, dass von allen Leistungsparametern, die auf der Lernplattform erfasst wurden, die kumulative Punktzahl der korrekt beantworteten Single-Choice-Fragen die höchste Korrelation zu den summativen Ergebnissen in der Abschlussprüfung aufweist. Darüber hinaus weisen die Daten darauf hin, dass bereits das Ergebnis des 1. Versuchs ein valider Prädiktor für die Studienleistung ist.

3.6 Der Nutzungseffekt

Wie in Abbildung 14 dargestellt, gaben 355 Studierende ihr Einverständnis für die Teilnahme an der Studie. Davon nahmen 336 Studierende an der Abschlussprüfung teil. 16 Studierende hatten keine Fragen während des Selbststudiums auf McPeer beantwortet. 96 Studierende hatten McPeer zwar aktiv genutzt, aber nicht alle 440 Fragen beantwortet. Schließlich hatte eine Gruppe von 224 Studierenden alle 440 Fragen mindestens einmal beantwortet. In Abbildung 20 wird die Leistung dieser Gruppe von Studierenden des 1. Versuchs im Vergleich zur Leistung in der Abschlussprüfung grafisch dargestellt.

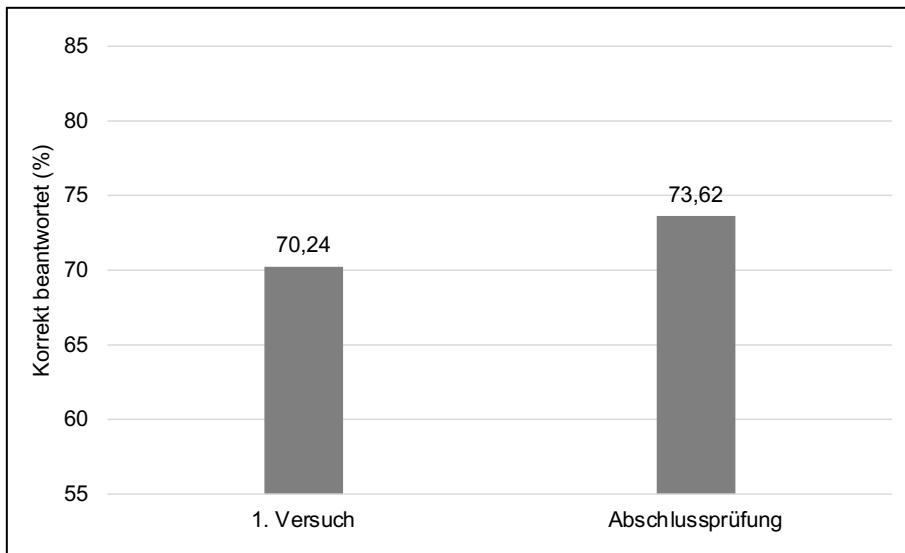


Abbildung 20: Vergleich der korrekt beantworteten Fragen im 1. Versuch und in der Abschlussprüfung. Die Anteile der korrekt beantworteten Fragen aus dem 1. Versuch und der Abschlussprüfung korrelieren signifikant miteinander ($p < 0,001$, $n = 224$).

In Abbildung 21 sind die Leistungen in der Abschlussprüfung von drei Gruppen von Studierenden vergleichend dargestellt. Die 224 Studierenden der ersten Gruppe haben alle Fragen mindestens im 1. Versuch beantwortet. 96 Studierende der zweiten Gruppe haben nicht alle Prüfungsfragen mindestens einmal beantwortet und somit nicht den 1. Versuch erfüllt. Schließlich haben die 16 Studierenden der dritten Gruppe keine Fragen auf McPeer beantwortet, sich aber unterschiedlich lange auf McPeer aufgehalten. Somit entsteht die Frage, inwieweit bei diesen Studierenden der Aufenthalt auf McPeer (das heißt die Beschäftigung mit den auf McPeer gestellten Fragen) einen Einfluss hatte auf das Ergebnis der Abschlussprüfung (Nutzungseffekt). Wie Abbildung 21 zeigt, hat sich die Beschäftigung mit den Fragen auf McPeer durchaus positiv auf das Ergebnis in der Abschlussprüfung ausgewirkt.

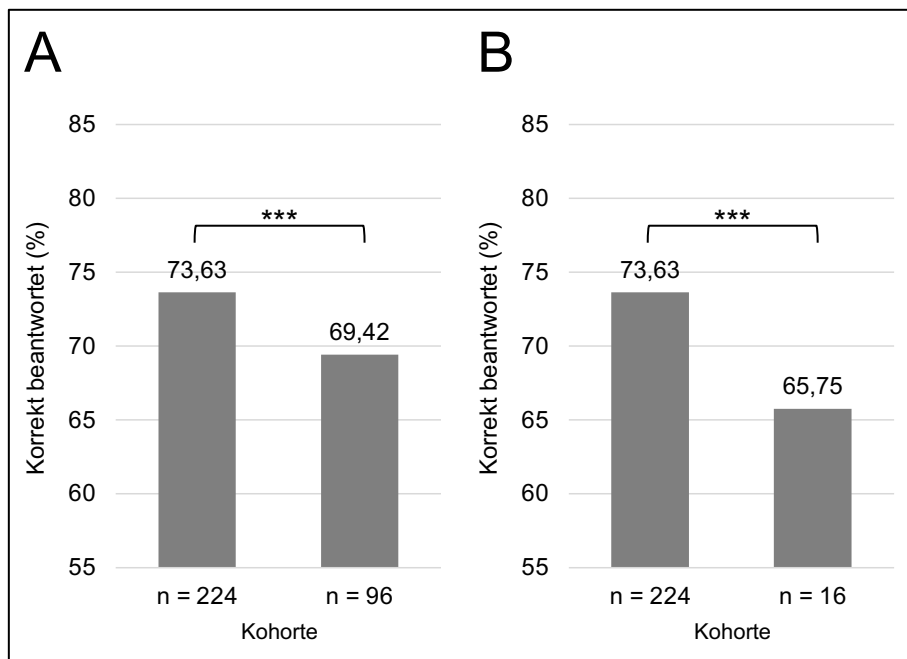


Abbildung 21: Zwischen den Kohorten (A) „n = 224“ und „n = 96“ und (B) „n = 224“ und „n = 16“ bestand ein signifikanter Unterschied in der Leistung der Abschlussprüfung. Studierende, die in der Kohorte „n = 224“ alle Fragen auf McPeer mindestens im 1. Versuch beantwortet hatten, erbrachten in der Abschlussprüfung durchschnittlich die Leistung von $73,63 \pm 12,77$ % korrekt beantworteten Fragen. Bei Studierenden der Kohorte „n = 96“, die nicht alle Fragen auf McPeer beantwortet hatten, lag dieser Wert bei $69,42 \pm 11,13$ %. Für Studierende der Kohorte „n = 16“ lag der Wert bei $65,75 \pm 13,83$ %. Zwischen den Kohorten „n = 96“ und „n = 16“ bestand kein signifikanter Unterschied.

In Tabelle 7 erfolgt eine detaillierte Analyse der Studierenden, die nicht alle 440 Fragen auf McPeer beantwortet haben. Die 96 beziehungsweise die 16 Studierenden wurden je nach beantworteten Fragen eigenständigen Gruppen zugeteilt. Es wurden vier Gruppen anhand der beantworteten Fragen definiert und die Leistungen auf McPeer und in der Abschlussprüfung dargestellt. Es zeigt sich, dass die Dauer der Beschäftigung mit McPeer durchaus eine Auswirkung auf das Endergebnis der Abschlussprüfung hat. Wie diese Auswirkung zu erklären ist, bleibt zunächst offen beziehungsweise ungeklärt. Haben sich die Studierenden in dieser Zeit mit anderen Ausbildungsunterlagen befasst oder sich anderweitig kündigt gemacht, diese Frage bleibt offen.

Beantwortete Fragen auf McPeer	0–150	151–300	301–440	mehr als 440
Anzahl Studierende	12	21	31	32
Korrekt beantwortete Fragen auf McPeer (%)	46,75	69,72	72,97	75,27
Nicht bestandene Abschlussprüfung (%)	50	23,8	19,35	9,37

Tabelle 7: Analyse von Studierenden, die McPeer aktiv genutzt haben, jedoch nicht alle 440 Fragen mindestens im 1. Versuch beantwortet haben (n = 96).

3.7 Selbsteinschätzung des Wissens

Als Nächstes wurde das Potenzial einer subjektiven Datenerhebung der Studierenden als Prädiktor ihrer Leistung in der Abschlussprüfung untersucht. Da die Fähigkeit der Studierenden, über ihre Arbeit zu urteilen, ein implizites Ziel der Hochschulbildung ist (Boud and Falchikov, 2007; Boud et al., 2013), wurde die Selbsteinschätzung, der Prozess, bei dem eine Person die Qualität und Quantität des eigenen Lernens (Boud, 1997) beurteilt, als subjektiver Parameter für weitere Untersuchungen definiert. Zu diesem Zweck hatten die Studienteilnehmenden die Möglichkeit, einen Onlinefragebogen nach der ersten Anmeldung auf McPeer (1. Einschätzung, präinterventionell) und 24 Stunden vor der Abschlussprüfung (2. Einschätzung, postinterventionell) (siehe Abbildung 6, Methode) zu beantworten. Insgesamt beantworteten 157 von 224 Studierenden (70 %) beide Onlinefragebögen. Die mittlere Punktzahl der postinterventionellen Einschätzung war im Vergleich zum präinterventionellen Wert deutlich gestiegen (mittlere Likert-Skala $3,39 \pm 0,82$ gegenüber $2,67 \pm 0,89$, Median 3 [2;3] vs. 3 [3;4]) (siehe Abbildung 22).

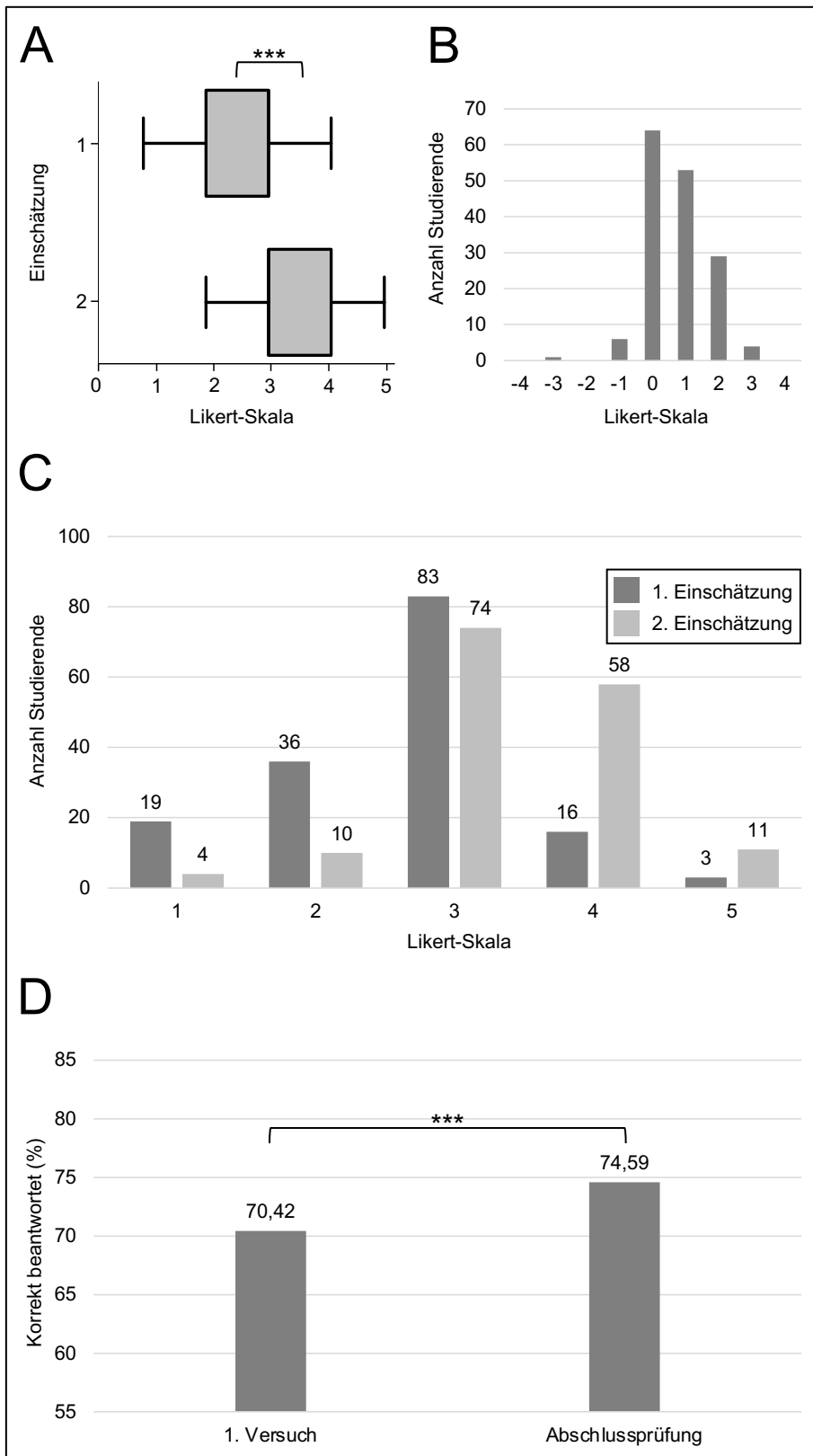


Abbildung 22: A. Box-Diagramme zeigen den Median, das erste und dritte Quartil mit Whiskern, die die 5 %- und 95 %-Perzentile repräsentieren, $n = 157$, $p < 0,001$ (t-Test). B. Unterschiede zwischen prä- und postinterventioneller Einschätzung (Likert Δ) vor und nach der Verwendung von McPeer. C. Darstellung der 1. und 2. Selbsteinschätzung der Studierenden. Pro Balken wurde die Anzahl der Studierenden summiert, die sich für den jeweiligen Punkt (1–5) der Likert-Skala entschieden hatten. D. Leistungsvergleich zwischen dem 1. Versuch auf McPeer und der Abschlussprüfung der 157 Studierenden, die die 1. und 2. Selbsteinschätzung beantwortet haben ($n = 157$).

Die bivariate Korrelation der 1. und 2. Einschätzung mit der Leistung in der Abschlussprüfung ergab einen Pearson-Korrelationskoeffizienten von $r = 0,28$ ($p < 0,001$) und $r = 0,46$ ($p < 0,001$), der statistisch signifikant war (Steiger` S $Z = -2,23$; $p = 0,025$). Für eine eingehendere Analyse der Unterschiede zwischen den prä- und postinterventionellen Werten wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest angewandt (siehe Abbildung 22 B). Dabei zeigten sich signifikante Veränderungen zwischen prä- und postinterventionellen Bewertungen auf den Likert-Skalen ($p < 0,001$). Von 157 Studienteilnehmenden hatten 55 % ($n = 86$) eine höhere Punktzahl in der postinterventionellen Bewertung, was auf eine verbesserte, selbst wahrgenommene Kompetenz im Pharmakologiewissen nach Nutzung von McPeer hindeutet. Im Gegensatz dazu zeigten 4 % ($n = 7$) eine niedrigere Punktzahl in der postinterventionellen Einschätzung, und 41 % ($n = 64$) der Teilnehmenden wiesen keine Änderungen zwischen prä- und postinterventioneller Einschätzung auf. Zusammenfassend, deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass die Selbsteinschätzung des Wissens eine schwache, aber dennoch wertvolle Variable für die Leistungsvorhersage ist. Darüber hinaus unterstützen diese Ergebnisse die Annahme, dass formative Leistungskontrollen die prädiktive Genauigkeit von Wissensselbsteinschätzungen verbessern.

3.8 Bewertung der Lernplattform McPeer

Alle Studierenden, die McPeer verwendeten, wurden zur Teilnahme an einer Umfrage mit Fragen zum Lernnutzen von McPeer aufgefordert (siehe Abbildung 23). Die Umfrage war in McPeer integriert, ähnlich wie der Fragebogen zur Selbsteinschätzung. Die Mehrheit der Studierenden (76,1 %, $n = 238$) gab an, dass ihnen der Einsatz von McPeer geholfen hat, Wissenslücken zu erkennen. Die meisten Studierenden waren sich darin einig, dass die Nutzung von McPeer ihre Prüfungsvorbereitung (88,2 %, $n = 276$) sowie die Effizienz der Prüfungsvorbereitung (83,1 %, $n = 260$) erleichtert hat. Schließlich würden die meisten Studierenden (93,9 %; $n = 294$) ähnliche Lernplattformen in anderen Fächern begrüßen.

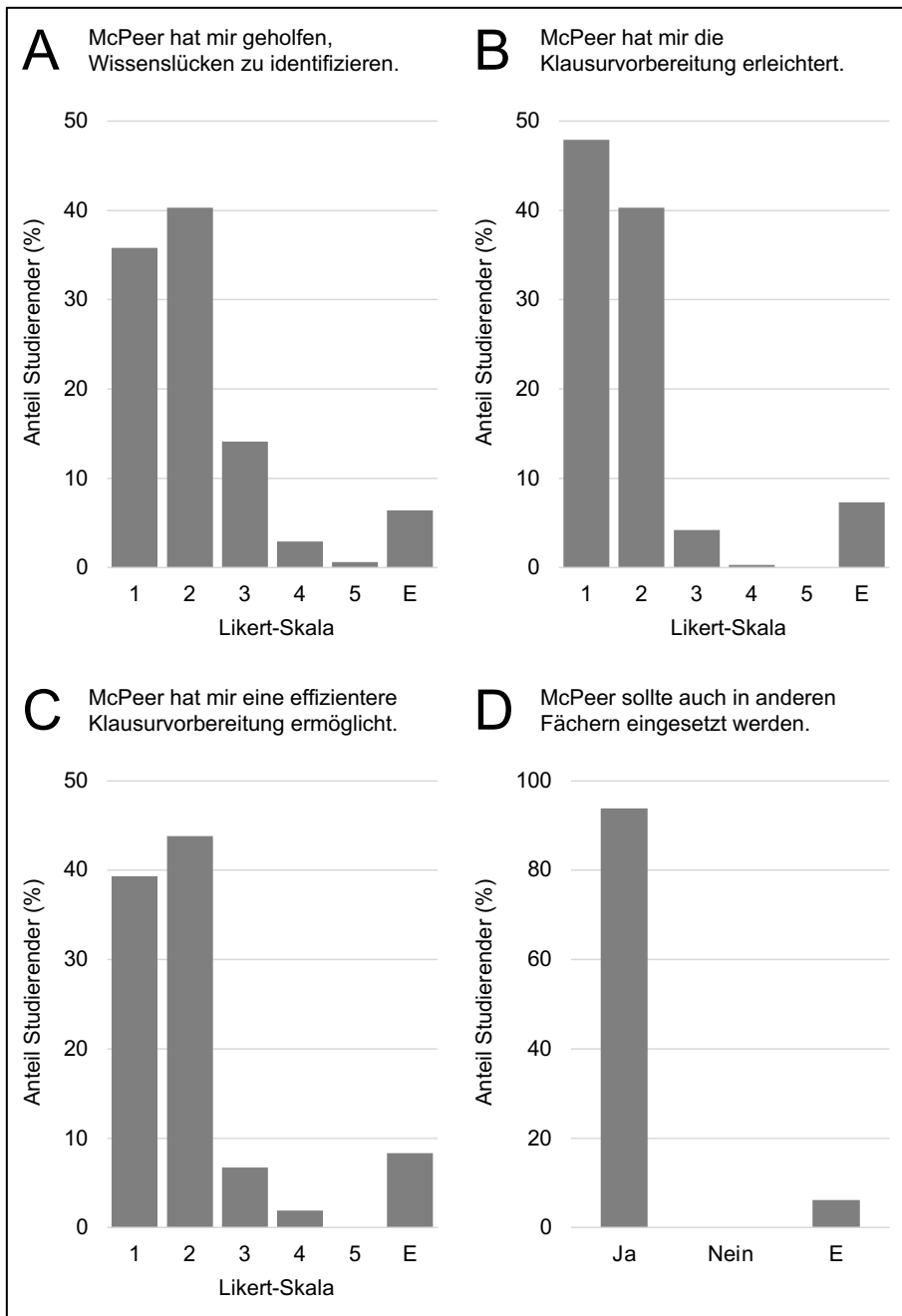


Abbildung 23: Darstellung einer Umfrage mit vier Fragen (A–D) an die Studierenden. Die Fragen A–C sollten mit der Auswahl eines Punkts auf einer Likert-Skala beantwortet werden. Der Wert „1“ entspricht „stimme voll und ganz zu“, und der Wert „5“ entspricht „stimme gar nicht zu“. Bei allen Fragen war eine Enthaltung möglich. Der Anteil der Enthaltungen wird unter „E“ angegeben.

3.9 Geschlechtsspezifische Analyse

Um der Frage nach geschlechtsspezifischen Unterschieden bei computergestützten Leistungsüberprüfungen nachzugehen, wurden für beide Geschlechtergruppen systematisch bivariate Tests durchgeführt (siehe Tabellen 8 und 9).

	Durchschnitt (\pm SD)	Median	Bivariate Korrelation r	p-Wert
Anzahl an Logins	9,93 (\pm 8,08)	7 [4;12]	0,09	0,43
Gesamte Fragen	767,55 (\pm 303,26)	689 [555;916]	-0,02	0,85
Gesamtleistung	74,87 % (\pm 9,21)	74 [69;82]	0,71	< 0,001
Leistung im 1. Versuch	70,23 % (\pm 10,26)	70 [64;79]	0,77	< 0,001
Gesamtzeit	4,85 h (\pm 1,47)	4 [3;6]	-0,14	0,25
Zeit pro Frage	25,80 s (\pm 1,61)	26 [25;27]	-0,25	< 0,001

Tabelle 8: Deskriptive Statistik und bivariate Korrelation verschiedener Lernanalyseparameter mit der Leistung in der Abschlussklausur der Studenten ($n = 74$).

	Durchschnitt (\pm SD)	Median	Bivariate Korrelation r	p-Wert
Anzahl an Logins	10,12 (\pm 6,44)	9 [5;14]	-0,04	0,65
Gesamte Fragen	836,64 (\pm 409,47)	707 [252;975]	0,03	0,75
Gesamtleistung	75,74 % (\pm 9,19)	76 [69;83]	0,72	< 0,001
Leistung im 1. Versuch	70,25 % (\pm 10,13)	72 [64;77]	0,71	< 0,001
Gesamtzeit	5,06 h (\pm 1,97)	5 [4;6]	-0,02	0,79
Zeit pro Frage	25,67 s (\pm 1,78)	26 [24;27]	-0,16	0,06

Tabelle 9: Deskriptive Statistik und bivariate Korrelation verschiedener Lernanalyseparameter mit der Leistung in der Abschlussklausur der Studentinnen ($n = 150$).

Ähnlich wie bei den Ergebnissen für die 224 Studierenden war die bivariate Korrelation mit der Leistung in der Abschlussklausur für die Gesamtleistung (männlich: $r = 0,71$, $p < 0,001$; weiblich: $r = 0,72$, $p < 0,001$) und die Leistung im 1. Versuch (männlich: $r = 0,77$, $p < 0,001$; weiblich: $r = 0,71$, $p < 0,001$) für männliche und weibliche Studierende statistisch signifikant. Der Lernanalyseparameter „Zeit pro Frage“ zeigte eine schwache Korrelation (männlich: $r = -0,25$; weiblich: $r = 0,16$), war aber nur für männliche Studienteilnehmer statistisch signifikant ($p = 0,034$). Zweiseitige t-Tests zeigten für alle untersuchten Variablen keine signifikanten Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Teilnehmenden. In der folgenden Abbildung wird, analog zu Abbildung 15, der Tag der ersten Nutzung von McPeer in weibliche und männliche Studierende aufgeteilt dargestellt:

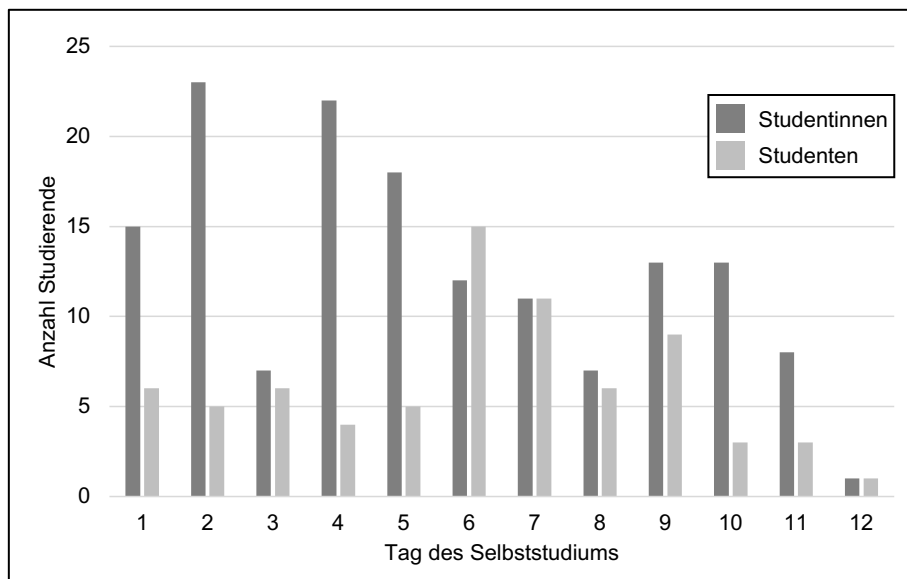


Abbildung 24: Anzahl der Studierenden pro Tag des Selbststudiums, an dem sie ihre erste Frage auf McPeer beantwortet haben, aufgeteilt nach Geschlecht (n = 224).

Interessanterweise war ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Selbsteinschätzung vor und nach der Intervention zu beobachten, bei der männliche Studienteilnehmer (1. Einschätzung: $3,0 \pm 0,97$; 2. Einschätzung: $3,6 \pm 0,91$) ihre pharmakologische Kompetenz signifikant (Mann-Whitney-U-Test) höher beurteilten ($p < 0,001$) als weibliche Studierende (1. Einschätzung: $2,5 \pm 0,81$; 2. Einschätzung: $3,3 \pm 0,76$). Bei der Korrelation der geschlechtsspezifischen Ergebnisse der Selbsteinschätzung mit der Leistung in der Abschlussprüfung (1. Einschätzung: männlich $r = 0,29$ vs. weiblich $0,29$, 2. Einschätzung: männlich $r = 0,46$ vs. weiblich $r = 0,47$) wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede beobachtet. Zusammenfassend, bestätigten diese Ergebnisse die Gesamtleistung und die Leistung des 1. Versuchs als geschlechtsneutrale Parameter mit der höchsten Korrelation mit der Leistung in der Abschlussklausur.

4. Diskussion

Nach Absolvierung des Gymnasiums und bestandenerm Abitur werden die Studierenden völlig unvorbereitet mit den Lehr- und Ausbildungsmethoden einer Universität in Vorlesungen, Seminaren und Praktiken konfrontiert, sodass man die Probleme bei der Verarbeitung der abverlangten Stofffülle durchaus nachvollziehen kann. Neben der zum Teil sehr unterschiedlichen individuellen Herangehensweise an die Erarbeitung der Lerninhalte betrifft das in diesem Zusammenhang Aspekte, die eher grundsätzlicher Natur sind und damit auf die Gesamtheit der Studierenden zutreffen. Hierbei geht es auf der einen Seite um die Akquirierung des reinen Wissens, auf der anderen Seite geht es um das inhaltliche Verstehen. Ersteres betrifft das, was im deutschen Sprachgebrauch bezeichnenderweise als „Auswendiglernen“ beschrieben wird, ein Wissen, das nicht in die Tiefen des Verstehens reicht, das, als Engramm registriert, jederzeit abrufbar ist, lediglich abhängig vom jeweiligen Erinnerungsvermögen, jedoch als isoliertes Wissen keine vernünftigen Verbindungen zu anderen Wissensbestandteilen hat.

Letzteres meint ein Wissen, das sich aus dem Kontext verstehbarer Zusammenhänge ableiten lässt. In diesen Bestand verstehbarer Wissensinhalte lässt sich als Matrix weiteres Wissen sinnvoll integrieren, sodass der Umfang des Verstehens mit jedem Lernvorgang zunimmt, sich festigt und auf diese Weise zu einem verlässlichen Bestandteil der individuellen Fachlichkeit wird. Daraus ist abzuleiten: Das in die Matrix der Verstehbarkeit integrierte Wissen entscheidet über die Fachlichkeit, die in die Matrix der Verstehbarkeit integrierten sozialen und moralischen Werte entscheiden über die Bildung. Beide Pfeiler der Wissensvermittlung, das Wissen und das Verstehen, müssen bei den Lehrveranstaltungen einer Universität im Auge behalten werden. Dies ist natürlich auch erforderlich, wenn mit computergestützten digitalen Verfahren versucht wird, das Lehren wie auch das Lernen nicht nur zu begleiten, sondern auch zu unterstützen, es effektiver zu gestalten. So stand im Mittelpunkt unserer Untersuchungen die Frage, inwieweit Aussagen und Bewertungen über die allgemeine Wissensvermittlung in Vorlesungen und Seminaren möglich sind, aus denen für das Lernen der Studierenden und für das Lehren vonseiten der Dozenten hilfreiche Impulse beziehungsweise Hinweise zur Optimierung abgeleitet werden können.

4.1 Nutzung von McPeer

Wie in der Methode beschrieben, stand am Anfang der pharmakologischen Lehrveranstaltung eine 24-tägige Lehrperiode, bestehend aus Vorlesung und Seminar, in der inhaltlich alle 27 prüfungsrelevanten Themenbereiche behandelt wurden (vergleiche Tabelle 1). Es folgte ein

zwölf-tägiges Selbststudium, das heißt eine Zeit, in der jeder und jede Studierende Gelegenheit hatte, für sich allein die Lerninhalte zu rekapitulieren. Um bei diesem Lernprozess eine gewisse Leitlinie vorzugeben, bestand die Möglichkeit, die Lernplattform McPeer zu nutzen: Es wurden insgesamt 440 Fragen aus allen pharmakologischen Themenbereichen bereitgestellt, sämtlich nach dem Single-Choice-Prinzip mit einer korrekten Antwortmöglichkeit (vergleiche Abbildung 7A–F). Die große Anzahl der gestellten Fragen verband sich mit dem Anliegen, möglichst alle Fachbereiche breit gestreut abzuhandeln, sodass sich die Studierenden hinsichtlich ihres Wissens sehr gut einordnen konnten. Nach der Zeit des Selbststudiums folgte dann die Abschlussprüfung. Hier stand nun, indem 50 Fragen aus dem gesamten Fachbereich der Pharmakologie gestellt wurden, das gesamte Wissen auf dem Prüfstand. Es muss jedoch erwähnt werden, dass nur 336 von den 393 eingeschriebenen Studierenden schließlich an der Abschlussprüfung teilgenommen haben, sodass von vornherein 57 Studierende für die analytische Aufarbeitung der Lernentwicklung nicht zur Verfügung standen.

Jeder der Studierenden konnte sich während des zwölf Tage dauernden Selbststudiums zu einem beliebigen Zeitpunkt bei McPeer einloggen und die vorgegebenen Fragen beantworten. Die Studierenden wurden über das Vorhaben informiert, mit dieser digitalen Plattform mehr Einsichten in die Vorgänge des Lernens und der Wissensvermittlung zu gewinnen. Sie wurden eingeladen, an dieser Pilotstudie teilzunehmen und sich bei McPeer einzuloggen. Die Freiwilligkeit führte schließlich dazu, dass von den 393 für die Lehrveranstaltung „Allgemeine Pharmakologie“ eingeschriebenen Studierenden 355 dieses Angebot nutzten (90,3 %). Die Auswertung der gewonnenen Daten wurde weiterhin dadurch erschwert, dass von diesen 355 Studierenden nur 224 die kompletten 440 Fragen mindestens einmal beantwortet haben; 16 Studierende haben sich lediglich eingeloggt, ohne eine Frage zu beantworten, wohingegen 96 Studierende sporadisch vorgegangen sind und die eine oder die andere Frage beantwortet, sich dann aber wieder abgemeldet haben. Alle Studierenden dieser drei Gruppen nahmen an der Abschlussprüfung teil (siehe Abbildung 14).

Mit der Beantwortung der Fragen konnten sich die Studierenden Zeit lassen; während einige von ihnen bereits am ersten Tag des Selbststudiums die erste Frage auf McPeer beantwortet hatten, begannen andere mit der Beantwortung erst zu einem späteren Zeitpunkt (siehe Abbildung 15). Abbildung 15 zeigt gleichzeitig, dass die Freiwilligkeit der Teilnahme dazu führte, dass es weder eine anfängliche Begeisterung gab, die zur Teilnahme motivierte, noch die näher rückende Abschlussprüfung zu einer vermehrten Inanspruchnahme von McPeer veranlasste. In den ersten Tagen war das Interesse an McPeer recht gleichmäßig über die Tage verteilt, ließ aber in den letzten vier Tagen vor der Abschlussprüfung deutlich nach. Eine

Erklärung könnte darin liegen, dass in der Abschlussprüfung völlig neue und eben andere Fragen zur Beantwortung anstanden als diejenigen, die zur Übung auf McPeer aufgelistet waren. Aus diesem Grund begann man sich anhand von Skripten, Lehrbüchern oder Aufzeichnungen mit dem eigentlichen Lernstoff der Vorlesung zu befassen. Eine frühere, bereits publizierte Untersuchung (Gutmann et al., 2015) belegt in der Tat eine Zunahme der Inanspruchnahme von Fragen aus vorangegangenen Abschlussprüfungen als Vorbereitung für eine Abschlussprüfung: Im Verlauf des Selbststudiums konnte eine zunehmende Beschäftigung mit Fragen aus früheren Abschlussprüfungen beobachtet werden. So lag die Nutzung von Prüfungsfragen im Vergleich zu anderen Lernmedien am ersten Tag des Selbststudiums bei rund 2 % und am zehnten Tag des Selbststudiums bei rund 17 %. Die Untersuchung von Gutmann et al. wurde an einer vergleichbaren Kohorte (n = 338) und Lehrveranstaltung „Allgemeine Pharmakologie“ des Wintersemesters 2012/13 durchgeführt. Das Selbststudium dauerte in diesem Kurs zehn statt der zwölf Tage der vorliegenden Arbeit.

4.2 Leistungen der Studierenden auf McPeer und in der Abschlussprüfung

Mit den auf McPeer registrierten Antworten der 440 gestellten Fragen war es möglich, eine Übersicht über das allgemeine und individuelle Leistungsniveau zu erhalten. Dadurch, dass die Studierenden durch eine direkte Rückmeldung über die Richtigkeit ihrer Beantwortungen informiert wurden, waren sie in der Lage, ihren Wissensstand recht gut einzuschätzen.

Im Verlauf ihres Selbststudiums haben 224 Studierende im Rahmen eines 1. Versuchs alle 440 Fragen beantwortet. Es wird deutlich, dass die Ergebnisse dieses 1. Versuchs mit denen der Abschlussprüfung deutlich korrelieren ($p < 0,001$, Abbildung 20). Somit gewinnen die Leistungsdaten des 1. Versuchs eine prädiktive Bedeutung. Diese Ergebnisse bestätigen die Erfahrungen früherer Publikationen in der Weise, dass formative Leistungsüberprüfungen positiv mit Prüfungsleistungen korrelieren. So zeigte Tempelaar (2015), dass computergestützte Leistungsbeurteilungen in einem Mathematik- und Statistikkurs der beste Prädiktor für zukünftige Leistungen sind. Auch Wolff (2013) konnte zeigen, dass die Ergebnisse von Eingangstestaten sehr gut mit den Ergebnissen der Abschlussprüfung korrelieren. Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen Das et al. (2017) und Zhang et al. (2015).

46 Studierende, die bereits den 1. Versuch absolviert hatten, haben in einem 2. Versuch noch einmal alle 440 Fragen beantwortet. Fünf Studierende von diesen 46 haben es geschafft, auch den 3. Versuch komplett abzuschließen. Nachdem nun alle drei Versuche hinsichtlich ihrer Quote richtig beantworteter Fragen verlässlich dokumentiert wurden, lassen sich die jeweiligen Ergebnisse vergleichen. Dabei stellt sich die Frage, inwieweit sich die intensive Beschäftigung mit McPeer und das häufige Rekapitulieren der gestellten Fragen gelohnt hat. Allerdings ist

die unterschiedliche Gruppengröße der drei Versuche zu berücksichtigen, sodass lediglich Tendenzen aufgezeigt werden können. Abbildung 17 macht deutlich, dass die Anzahl der richtigen Antworten erheblich gesteigert werden konnte.

Die Verbesserung des abrufbaren Wissens entspricht einer durch Wiederholung optimierten Gedächtnisleistung. Wir definierten dies als den reinen Wiederholungseffekt, nachdem er durch die alleinige Wiederholung immer derselben Fragen zustande kam. Interessant wird sein, wie sich dieser Wiederholungseffekt auf das Ergebnis der Abschlussprüfung auswirkt, zumal die Studierenden in der Abschlussprüfung mit völlig neuen Fragen konfrontiert werden. Bei dem Vergleich der Ergebnisse der drei Versuche mit denjenigen der Abschlussprüfung zeigte sich völlig überraschend, dass die fünf Studierenden, die den Fragenkatalog dreimal komplett beantwortet haben, am schlechtesten abgeschnitten haben. Das durch Wiederholung akquirierte Wissen half diesen Studierenden demnach nicht, die völlig neuen Fragen der Abschlussprüfung richtig zu beantworten (siehe Abbildung 18). Mag sein, dass die Ausschließlichkeit, mit der sie sich mit McPeer befasst haben, keine Zeit ließ für ein weiteres Studium pharmakologischer Lerninhalte. Möglicherweise verbirgt sich hinter stereotypen Lernpraktiken generell ein falsches Verständnis vom Lernen allgemein beziehungsweise vom Bestreben, sich Wissen anzueignen.

Es wäre voreilig, daraus zu schließen, dass sich die Beschäftigung mit McPeer nicht auch positiv auf das pharmakologische Gesamtwissen auswirken kann. Nachdem McPeer von den Studierenden ganz unterschiedlich genutzt wurde, haben wir die Möglichkeit, die Auswirkungen der jeweils unterschiedlichen Nutzung auf das Ergebnis der Abschlussprüfung zu bestimmen (Nutzungseffekt). Während 224 Studierende sämtliche Fragen beantwortet haben, befassten sich 96 Studierende nur sporadisch mit dem Katalog der 440 Fragen. 16 Studierende hatten sich zwar eingeloggt, jedoch keine der gestellten Fragen beantwortet. Wie Abbildung 21 zu entnehmen ist, hat sich die Beschäftigung mit den Fragen auf McPeer – abhängig von der jeweils investierten Zeit – durchaus gelohnt.

Einerseits stellen wir fest, dass sich die Beschäftigung mit McPeer durchaus positiv auswirken kann, andererseits zeigte die Gegenüberstellung der drei Versuche, dass die häufige Wiederholung immer der gleichen Fragen keineswegs Erfolg versprechend sein muss. Die sich auf den ersten Blick darstellende Diskrepanz lässt sich unserer Meinung nach wie folgt auflösen: Wer sich ausschließlich auf den Wiederholungseffekt verlässt, hat sich durch die ständige Wiederholung ein Wissen angeeignet, das nicht von Verstehen geprägt ist, ein lineares Wissen gleichsam, das nicht formbar ist, das nicht auf andere Fragekonstellationen anwendbar ist. Es ist kein integratives Wissen, das sich in andere Frageninhalte eindenken

kann. Es muss also scheitern, sobald Fragen mit neuen Inhalten gestellt werden. Der positive Nutzungseffekt lässt vermuten, dass sich die Studierenden zwar mit den auf McPeer gestellten Fragen beschäftigt, dabei aber auch von anderen Lernmaterialien Gebrauch gemacht haben. Dies bestätigt die frühere Publikation von Gutmann et al. (2015).

Bestätigt wird dieser Sachverhalt auch durch folgende Analyse. Dazu konzentrieren wir uns noch einmal auf jene 96 Studierende, die McPeer nur sporadisch genutzt haben. Keiner der 96 Studierenden hat den Fragenkatalog von 440 Fragen komplett beantwortet, was bedeutet, dass ihr Vorgehen hinsichtlich der 440 Fragen nicht systematisch war. Sie befassten sich beliebig mit einzelnen Fragen, bezogen auf gerade behandelte Fachprobleme. Entsprechend der Darstellung in Tabelle 6 wurden die 96 Studierenden in vier Gruppen eingeteilt in Abhängigkeit von der Anzahl der von ihnen beantworteten Fragen. Dabei geht es um die Klärung der Frage, inwieweit die Intensität und die Dauer der Beschäftigung mit McPeer Einfluss auf das Ergebnis der Abschlussprüfung hat.

Auch in dieser Gegenüberstellung wird deutlich, dass der Anteil der korrekt beantworteten Fragen umso größer ist, je häufiger und intensiver sich ein Student oder eine Studentin mit den Fragen befasst hat. Zugleich zeigt sich der Einfluss auf das Ergebnis der Abschlussprüfung. Nur 50 % der zwölf Studierenden, die sich ganz offensichtlich nur wenig mit McPeer befasst haben, waren in der Abschlussprüfung erfolgreich (siehe Tabelle 7). Unabhängig davon wird man bei diesen Studierenden Fragen an ihre Lernwilligkeit und ihr Lernverständnis stellen müssen.

Es leuchtet ein, dass allein die Quote des 1. Versuchs das Wissen widerspiegelt, das in der Vorlesung akquiriert wurde. Der 1. Versuch und die Abschlussprüfung sind insofern vergleichbar, als dass beide Vorgänge mit Fragen befasst sind, auf die sich die Studierenden nicht vorbereiten konnten. Die Abschlussprüfung galt als bestanden, wenn 60 % der Prüfungsfragen korrekt beantwortet wurden. Von den 224 Studierenden, die den 1. Versuch komplett abgeschlossen hatten, haben 28 die Abschlussprüfung nicht bestanden. Als Schlussfolgerung aus diesem Ergebnis stellten wir Tabelle 5 zusammen als Versuch der Individualisierung der jeweiligen Prüfungsergebnisse. Es geht dabei insbesondere um die 46 Studierenden, die den 1. und 2. Versuch komplett abgeschlossen haben.

Tabelle 5 zeigt:

1. 11 der 46 Studierenden wären bereits im 1. Versuch durchgefallen.
2. Nur 4 dieser 11 Studierenden haben die Abschlussprüfung definitiv nicht bestanden.

3. 7 der 46 Studierenden hätten demzufolge ohne McPeer die Abschlussprüfung nicht bestanden.
4. Sämtliche der 5 durchgefallenen Studierenden zeigten im 2. Versuch ein Ergebnis über 60 %.

Diese Ergebnisse zeigen noch einmal in besonderer Weise, dass durch eine reine Wiederholung keine wirkliche und nachhaltige Mehrung des Wissens möglich ist, dass mitunter gar der reine Wiederholungseffekt ein Wissen vortäuscht, das in keiner Weise belastbar beziehungsweise der Konfrontation mit neuen Fragen gewachsen ist.

Bei der zukünftigen Entwicklung von Lernplattformen müssen diese Ergebnisse berücksichtigt werden: Der Schwerpunkt des Lernens darf demnach nicht auf der reinen Wiederholung liegen; bei der Beschäftigung mit einer Lernplattform müssen Anreize vermittelt werden, sich unter Hinzuziehung anderer Lernmaterialien mit den Inhalten des jeweiligen Fachgebiets zu befassen; Fragenkataloge müssen variabler gestaltet werden, wodurch ein lebendiger Bezug zur Realität geschaffen wird.

4.3 Selbsteinschätzung

Das Problem der Selbsteinschätzung wurde in der Einleitung bereits angesprochen. Um einen Einblick zu gewinnen in die Fähigkeit, den eigenen Kenntnisstand selbstkritisch zu bewerten, wurde am Anfang und am Ende des Selbststudiums nach der persönlichen Selbsteinschätzung gefragt. Wir sind dabei vorgegangen, wie in der Methode beschrieben. Von den 224 Studierenden (mindestens 1. Versuch) haben 157 an dieser Befragung teilgenommen. Wie aus den Abbildungen 19 C und D zu entnehmen ist, kamen die Studierenden nach der Beschäftigung mit McPeer zu einer verbesserten Selbsteinschätzung. Der Unterschied zwischen der 1. und der 2. Einschätzung ist signifikant.

Es liegt nahe, diese Fragen der Selbsteinschätzung und der schließlich erbrachten Leistung geschlechtsspezifisch zu analysieren. In der Leistungserhebung auf McPeer waren keine geschlechtsspezifischen Unterschiede festzustellen. Studenten beurteilten ihre eigene pharmakologische Kompetenz signifikant als besser als Studentinnen, wobei sich dies nicht in ihren Leistungen in der Abschlussprüfung niederschlug. Diese Arbeit bestätigt frühere Studien zu klassischen Offlinebildungskonzepten und webbasierten Bildungskonzepten dahin gehend, dass die Selbsteinschätzung ein schwacher Prädiktor für künftige akademische Leistung ist. Boud und Kollegen zeigten einen Zusammenhang der Selbstbeurteilung der Studierenden mit der Beurteilung der Lehrenden (Boud et al., 2013). Ähnlich berichteten Tousignant und DesMarchais über eine schwache Korrelation von Fragebögen zur Selbsteinschätzung vor mündlichen Prüfungen in einer Kohorte von 70 Studierenden einer medizinischen Lehrveranstaltung (Tousignant & DesMarchais, 2002).

4.4 Geschlechterspezifische Analyse

Es wurde behauptet, dass die Verwendung von Computern zur Unterstützung des Lernens in der Hochschulbildung zunehmend geschlechtsneutral ist (Gunn et al., 2002). In der vorliegenden Studie konnten zwischen weiblichen und männlichen Studierenden keine signifikanten Unterschiede sowohl hinsichtlich der Leistungen auf McPeer als auch der Leistungen in der Abschlussprüfung gefunden werden. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen von Pai et al. (2010). Dieser hatte ein besseres Abschneiden von Studentinnen in Single-Choice-Fragen beobachtet. Eine Erklärung konnte er für diesen Umstand nicht geben. Als Grund wurde der größere Fleiß der Studentinnen vermutet. Die Untersuchungen von Alsheikh (2011) und Sinha et al. (2017) stellten ebenfalls ein besseres Abschneiden von Studentinnen in Single-Choice-Fragen fest. Als Begründung führte Alsheikh das bessere Leseverständnis und die höhere Wahrnehmungsgeschwindigkeit von Studentinnen an. Sinha erwähnte außerdem die besseren assoziativen Gedächtnisfähigkeiten von Studentinnen. Noch vor etwa 20 Jahren beobachteten Birenbaum und Feldman (1998) sowie Hopkins (2003), dass Studenten in Tests, die auf Single-Choice-Fragen basieren, besser abschneiden als ihre weiblichen Kolleginnen. Andere Studien deuten darauf hin, dass weibliche Studierende aufgrund einer größeren Distanz zur Technik oder einer allgemeinen negativen Einstellung gegenüber Computern schlechter abschnitten als männliche Studierende (Dambrot, 1985, Brosnan, 1998). Diese Annahme kann heute als widerlegt gelten. In der vorliegenden Arbeit wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Studierenden für die Vorhersage von Prüfungsleistungen gefunden. Dies scheint die Annahmen von Gunn et al. (2002) zu bestätigen, dass die Verwendung von computergestützten Leistungskontrollen in der Hochschulbildung keine Benachteiligung für unterschiedliche Geschlechtergruppen darstellt.

4.5 Bewertung der Lernplattform McPeer

Dass die umfangreichen Dokumentationen geeignet waren, die Lernentwicklung der Studierenden zu verfolgen, ist unstrittig; entscheidend ist die Frage, inwieweit und ob durch McPeer die Lerneffektivität verbessert werden konnte. Diese Antwort muss mit großer Sorgfalt und selbstkritischer Abwägung gegeben werden, ist doch davon auszugehen, dass in Zukunft immer wieder versucht werden wird, Lehr- und Lernvorgänge digital zu erfassen, zu begleiten und vor allem auch zu unterstützen. Somit ist es erforderlich, die Wirkungsweise beziehungsweise die Interferenz der Plattform mit dem eigenständigen Lernen der Studierenden genau zu analysieren. Um die Bedeutung des projektierten McPeer ermessen zu können, bedarf es folglich einer selbstkritischen Antwort auf die oben bereits formulierte Frage, inwieweit McPeer zur Leistungsverbesserung beitragen kann und welchen Nutzen die

Studierenden beziehungsweise die Dozenten aus der Lernplattform ziehen können. Es ist heute schon abzusehen, dass diese den Lernprozess begleitenden digitalen Methoden weiterentwickelt werden und dass sie in Zukunft eine immer größere Rolle spielen werden. So verstehen wir auch unsere Untersuchungen als Grundlage für weitere optimierende Entwicklungen. Vor diesem Hintergrund muss man sich fragen, inwieweit die Lernplattform McPeer als wirkliche und praktische Lernhilfe verstanden wird und ob sie das in der Form, wie sie hier angeboten wurde, leisten kann. Bei der abschließenden Beurteilung von McPeer geht es zunächst um eine Bewertung, wie sie rückblickend durch die hier mitgeteilten Ergebnisse möglich ist, des Weiteren aber um Überlegungen dazu, wie die Einflussmöglichkeiten einer Lernplattform in Zukunft verbessert werden können. In der Zeit des Selbststudiums sind die Studierenden auf sich selbst gestellt. Dabei haben sie das Bedürfnis, die Lerninhalte der zurückliegenden Vorlesungen und Seminare zu verinnerlichen und ihr Wissen zu vertiefen, damit aus Bruchstückhaftem etwas Beständiges werden kann. Dadurch, dass McPeer ein konstantes Angebot von 440 Fragen bietet mit dem gesamten Profil pharmakologischer Themengebiete, werden die Studierenden immer wieder mit faktischem Detailwissen konfrontiert, das sich durch die ständige Wiederholung festigt und zu einem verfügbaren Wissensbestand reifen kann. Wir definierten einen „reinen Wiederholungseffekt“, einen „Wiederholungseffekt“ und einen „Nutzungseffekt“ und konnten mit den gewonnenen Daten belegen, dass sich die Beschäftigung mit der Lernplattform McPeer nutzbringend auf die Ergebnisse der Abschlussprüfung ausgewirkt hat. Es wurde aber auch deutlich, dass das individuelle Lernverhalten eine wichtige Rolle hinsichtlich des Lernverhaltens spielt. Somit hat sich die Begleitung und die Förderung des Lernens durch die digitale Lernplattform als effektiv und hilfreich erwiesen, doch wird es immer von der Einstellung der Studierenden abhängen, inwieweit sie in den Lernprozess integriert und damit zu einer wirklichen Hilfe wird. Aufgrund der Erfahrungen, die wir mit der von uns entwickelten Lernplattform machen konnten, und aufgrund der Ergebnisse, die wir in dieser Arbeit vorgestellt haben, sind wir zu der Überzeugung gelangt, dass es zwar grundsätzlich möglich ist, Lernprozesse zu begleiten und zu fördern, dass es aber erforderlich ist, das Statische der immer gleichen 440 Fragen zu verlassen und zu einem Konzept zu kommen, das den Studierenden die Bedeutung des Wissens für das spätere praktische Handeln im klinischen Alltag ins Bewusstsein bringt. Es muss gelingen, die abstrakte Theorie in ein Profil praktischer Bedeutsamkeit zu transferieren. Dieses Ziel könnte dadurch erreicht werden, dass die Studierenden beispielsweise im Abstand von drei bis vier Tagen mit einem Paket von jeweils neu generierten Fragen konfrontiert werden und die Möglichkeit bekommen, sich kurz gefasste klinische Berichte und praktische Beispiele aus dem klinischen Alltag hierzu auszudenken. Die Wissensvermittlung sollte mehr und mehr aus dem Gedanken der interaktiven Lernbeteiligung heraus gestaltet werden.

5. Zusammenfassung

McPeer ist eine von uns entwickelte Lernplattform, die den Studierenden in einer Zeit des Selbststudiums zur Verfügung gestellt wurde mit dem Ziel, ihnen bei der Akquirierung fachspezifischen Wissens eine Hilfestellung zu geben. Die Lernplattform fungierte – auf freiwilliger Basis – als ständiger Begleiter, indem sie das jeweils aktuelle Leistungsprofil dokumentierte und einer individuellen Bewertung zuführte. Die Untersuchungen wurden an Studierenden des ersten Semesters des Medizinstudiums durchgeführt, die an der Lehrveranstaltung „Allgemeine Pharmakologie“ teilnahmen.

Von 393 Studierenden, die sich in die Lehrveranstaltung der „Allgemeinen Pharmakologie“ eingeschrieben haben, nahmen schließlich 336 an der Abschlussprüfung teil. Mit dem Angebot der von uns etablierten Lernplattform „McPeer“ wurde versucht, die Studierenden einerseits auf ihrem Weg der Lernbemühungen online zu begleiten und ihnen andererseits eine Lernhilfe anzubieten. Das Stoffgebiet der Pharmakologie wurde den Studierenden im Rahmen einer Vorlesung und eines begleitenden Seminars vermittelt. Es schloss sich ein zwölfwöchiges Selbststudium an. Für diese Zeit des Selbststudiums galt das Angebot, die Lernplattform in Anspruch zu nehmen und, in freiwilligem Kontakt mit ihr, sich fachbezogen mit ihr auseinanderzusetzen. 355 Studierende haben sich in dieser Zeit bei McPeer eingeloggt und das Angebot in unterschiedlicher Weise genutzt. Mit 440 Fragen, den allgemeinen pharmakologischen Fachbereich betreffend, wurden die Studierenden konfrontiert. 224 Studierende haben diese 440 Fragen in einem 1. Versuch komplett beantwortet, 46 Studierende haben es geschafft, diese Fragen zweimal zu beantworten (2. Versuch); fünf Studierende haben sie dreimal beantwortet (3. Versuch).

Nach der Zeit des Selbststudiums folgte die Abschlussprüfung. Durch die Erfassung individueller Leistungsdaten war es möglich, differenzierte Daten zum Lernverhalten der einzelnen Studierenden zu erhalten und individuelle Profile zu erstellen. Dadurch, dass sich die 440 Fragen nicht geändert haben und sich die Studierenden immer mit denselben Fragen konfrontiert sahen, ist die Zunahme an Leistung (Anteil der korrekten Antworten) während des Selbststudiums in den drei Versuchen leicht zu erklären. (Erinnerungs- beziehungsweise Wiederholungseffekt). Unabhängig davon konnte ein deutlich positiver Effekt auf das Ergebnis der Abschlussprüfung festgestellt werden. Daneben aber mussten wir auch feststellen, dass sich individuelle Muster des Lernverhaltens nicht zwingend durch digitale Lernplattformen beeinflussen lassen. Dazu gehören: Lernbereitschaft, Fleiß, Neugierde und Wissensbedürfnis, Wachsamkeit und Konzentration. Aufgrund der gewonnenen Ergebnisse ging es uns darum, Anregungen und konkrete Hinweise für verbesserte zukünftige Anwendungen digitaler

Lernplattformen zu geben. Deutlich wurde hingegen der motivierende Effekt von McPeer und das mit ihm verbundene Interesse, sich mit den pharmakologischen Themen zu befassen. Diese positive Einschätzung wurde in einer Umfrage und in Selbsteinschätzungen von den Studierenden geteilt. Aus den gewonnenen Erkenntnissen ergeben sich Hinweise für eine Optimierung späterer Onlineverfahren zur Unterstützung und Begleitung von studentischen Lernbemühungen.

6. Literaturverzeichnis

- Alsheikh, M. (2011). The Influence of Gender on Undergraduate Performance in Multiple Choice Testing in Clinical Disciplines at University of Dammam, Saudi Arabia. *Al Ameen J Med Sci*, 4(2).
- Arbaugh, J. (2014). System, scholar or students? Which most influences online MBA course effectiveness? *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(4), 349–362.
<https://doi.org/10.1111/jcal.12048>
- Beck, K. & Zweig, S. (1995). *Montaigne* (9. Aufl.). FISCHER Taschenbuch.
- Bienkowski, M., Feng, M. & Means, B. (2012, Oktober). *Enhancing Teaching and Learning Through Educational Data Mining and Learning Analytics: An Issue Brief*. U.S. Department of Education Office of Educational Technology. <https://tech.ed.gov/wp-content/uploads/2014/03/edm-la-brief.pdf>
- Birenbaum, M. & Feldman, R. A. (1998). Relationships between learning patterns and attitudes towards two assessment formats. *Educational Research*, 40(1), 90–98.
<https://doi.org/10.1080/0013188980400109>
- Boud, D. & Falchikov, N. (2007). *Rethinking assessment in higher education: Learning for the longer term*. Routledge: New York.
- Boud, D., Lawson, R. & Thompson, D. G. (2013). Does student engagement in self-assessment calibrate their judgement over time? *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 38(8), 941–956. <https://doi.org/10.1080/02602938.2013.769198>
- Brosnan, M. J. (1998). The Impact of Psychological Gender, Gender-Related Perceptions, Significant Others, and the Introducer of Technology upon Computer Anxiety in Students. *Journal of Educational Computing Research*, 18(1), 63–78.
<https://doi.org/10.2190/lvhh-epgb-ae7j-wev8>
- Cuadrado-García, M., Ruiz-Molina, M. E. & Montoro-Pons, J. D. (2010). Are there gender differences in e-learning use and assessment? Evidence from an interuniversity online project in Europe. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 367–371.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.027>
- Dafsari, H. S., Herzig, S. & Matthes, J. (2017). A multi-centre student survey on weighing disciplines in medical curricula – a pilot study. *GMS Journal for Medical Education*.
<https://doi.org/10.3205/zma001101>

- Dambrot, F. H., Watkins-Malek, M. A., Silling, S., Marshall, R. S. & Garver, J. A. (1985). Correlates of sex differences in attitudes toward and involvement with computers. *Journal of Vocational Behavior*, 27(1), 71–86.
[https://doi.org/10.1016/0001-8791\(85\)90053-3](https://doi.org/10.1016/0001-8791(85)90053-3)
- Das, S., Alsahanie, K. M., Nauhria, S., Joshi, V. R., Khan, S. & Surender, V. (2017). Impact of formative assessment on the outcome of summative assessment – a feedback based cross sectional study conducted among basic science medical students enrolled in MD program. *Asian Journal of Medical Sciences*, 8(4), 38–43.
<https://doi.org/10.3126/ajms.v8i4.17161>
- DB-Engines. (2022, 11. April). *DB-Engines - Knowledge Base of Relational and NoSQL Database Management Systems*. Abgerufen am 11. April 2022 von <https://db-engines.com/en/>
- Ferguson, R. (2012). Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5/6), 304.
<https://doi.org/10.1504/ijtel.2012.051816>
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS*. SAGE Publications.
- Gunn, C., French, S., McLeod, H., McSparran, M. & Conole, G. (2002). Gender issues in computer-supported learning. *Research in Learning Technology*, 10(1).
<https://doi.org/10.3402/rlt.v10i1.11299>
- Gutmann, J., Kühbeck, F., Berberat, P. O., Fischer, M. R., Engelhardt, S. & Sarikas, A. (2015). Use of Learning Media by Undergraduate Medical Students in Pharmacology: A Prospective Cohort Study. *PLOS ONE*, 10(4), e0122624.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122624>
- Hopkins, S. (2003). ASSESSMENT MODES IN FIRST YEAR MACROECONOMICS: GENDER DIFFERENCES IN PERFORMANCE. *Economic Papers: A journal of applied economics and policy*, 22(2), 66–73. <https://doi.org/10.1111/j.1759-3441.2003.tb00344.x>
- Joksimović, S., Kovanović, V. & Dawson, S. (2019). The Journey of Learning Analytics. *HERDSA Review of Higher Education*, 6.
<https://www.herdsa.org.au/herdsa-review-higher-education-vol-6/37-63>
- Kühbeck, F., Engelhardt, S. & Sarikas, A. (2014). OnlineTED.com – a novel web-based audience responsesystem for higher education. A pilot study to evaluate

- useracceptance. *GMS Zeitschrift für Medizinische Ausbildung*, 31.
<https://doi.org/10.3205/zma000897>
- Macfadyen, L. P. & Dawson, S. (2010). Mining LMS data to develop an “early warning system” for educators: A proof of concept. *Computers & Education*, 54(2), 588–599.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.008>
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C. & Byers, A. H. (2020, 13. Februar). *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*. McKinsey & Company. Abgerufen am 11. April 2022, von
<https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation>
- Mitra, N. K. & Barua, A. (2015). Effect of online formative assessment on summative performance in integrated musculoskeletal system module. *BMC Medical Education*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-015-0318-1>
- Nikendei, C., Weyrich, P., Jünger, J. & Schrauth, M. (2009). Medical education in Germany. *Medical Teacher*, 31(7), 591–600.
<https://doi.org/10.1080/01421590902833010>
- Ochsmann, E. B., Zier, U., Drexler, H. & Schmid, K. (2011). Well prepared for work? Junior doctors’ self-assessment after medical education. *BMC Medical Education*, 11(1).
<https://doi.org/10.1186/1472-6920-11-99>
- Pai, M. R. S. M., Sanji, N., Pai, P. G. & Kotian, S. (2010). Comparative assessment in Pharmacology multiple choice questions versus essay with focus on gender differences. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*.
- Regenbogen, A. & Meyer, U. (2013). *Wörterbuch der philosophischen Begriffe*. Meiner, F.
- Siemens, G., Gašević, P. & Conole, G. (2011). Call for Papers. *1st International Conference Learning Analytics & Knowledge (LAK 2011)*.
<https://tekri.athabasca.ca/analytics/call-papers>
- Siemens, G. & Long, P. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review*, 5, 30–32. <https://doi.org/10.17471/2499-4324/195>
- Sinha, M., Ghate, J., Chatur, D. K. & Sinha, R. (2017). Gender difference in performance of undergraduate medical students for subjective and objective evaluation in physiology. *International Journal of Scientific Reports*, 3(2), 22.
<https://doi.org/10.18203/issn.2454-2156.intjsci20170353>

Statistisches Jahrbuch. (2015). Statistisches Bundesamt.

Tempelaar, D. T., Rienties, B. & Giesbers, B. (2015). In search for the most informative data for feedback generation: Learning analytics in a data-rich context. *Computers in Human Behavior*, 47, 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.05.038>

Tousignant, M. & DesMarchais, J. (2002). Accuracy of student self-assessment ability compared to their own performance in a problem-based learning medical program: a correlation study. *Advances in Health Sciences Education*, 7(1), 19–27. <https://doi.org/10.1023/a:1014516206120>

W3Techs. (2022, 11. April). *W3Techs - extensive and reliable web technology surveys*.
Abgerufen am 11. April 2022 von <https://w3techs.com>

Wolff, A., Zdrahal, Z., Nikolov, A. & Pantucek, M. (2013). Improving retention. *Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '13*. <https://doi.org/10.1145/2460296.2460324>

Zhang, N. & Henderson, C. N. (2015). Can formative quizzes predict or improve summative exam performance?*. *Journal of Chiropractic Education*, 29(1), 16–21. <https://doi.org/10.7899/jce-14-12>

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nutzungsschema der Lehrenden und Studierenden von McPeer.	8
Abbildung 2: Die Studierenden öffnen die Lernplattform McPeer und erstellen sich ein Konto, das ihnen den Zugang auf die Plattform ermöglicht.....	9
Abbildung 3: Ansicht, sobald sich die Studierenden auf McPeer mit ihrem Benutzernamen und Passwort einloggen. In der Rubrik „Übersicht“ sahen die Studierenden mit einem Zahlenwert und einer Balkengrafik, wie viele Fragen sie bereits insgesamt in der jeweiligen Lehrveranstaltung beantwortet hatten. Die Spalte „Gesamtleistung“ gab Auskunft über den prozentualen Anteil der korrekt beantworteten Fragen aus der Gesamtheit der bisher beantworteten Fragen. Bei einem Zahlenwert von 60 % oder höher wurde der Zahlenwert in Grün angezeigt, bei unter 60 % in Rot. Der Zahlenwert in der Spalte „Prozentrang“ setzte die bisherige Leistung der einzelnen Studierenden ins Verhältnis zu Leistungen anderer Studierender in derselben Lehrveranstaltung. Ein Klick auf den Play-Button (Dreieck) diente der Anzeige der Themengebiete der jeweiligen Lehrveranstaltung (siehe Abbildung 4). Auf die Rubrik „Kurs“ wird in Abbildung 4 eingegangen. In der Rubrik „Konto“ konnten persönliche Daten wie Name, E-Mail-Adresse oder Matrikelnummer bearbeitet werden.	10
Abbildung 4: Die Rubrik „Kurs“ diente der Anzeige der Themengebiete des ausgewählten Kurses beziehungsweise der ausgewählten Lehrveranstaltung. In der Spalte „Themengebiete“ wurden alle Themengebiete der Lehrveranstaltung alphabetisch aufgelistet. Die Spalte „Fortschritt“ diente dem Vergleich der bereits erhobenen Leistungsdaten, um dem Studierenden den Fortschritt seiner Lernbemühungen als Zahlenwert und Balkengrafik zu verdeutlichen. In der Spalte „Korrekt beantwortet“ wurde der prozentuale Anteil korrekt beantworteter Fragen aller bisher beantworteten Fragen des Themengebiets dargestellt. Bei einem Zahlenwert von 60 % oder höher wurde der Zahlenwert in Grün angezeigt, bei unter 60 % in Rot. Ein Klick auf den Play-Button (Dreieck) diente der Anzeige der unbeantworteten Fragen des jeweiligen Themengebiets.	10
Abbildung 5: Beispiel einer Frage mit den zugehörigen Antwortmöglichkeiten.	12
Abbildung 6: Anzeige der Frage aus Abbildung 5. Die von dem Studierenden gewählte Antwortmöglichkeit wird blau gefärbt. Die korrekte Antwort ist durch einen blauen Haken gekennzeichnet. Mit einem Klick auf das Feld „Nächste Frage“ wird die nächste Frage angezeigt.....	12
Abbildung 7 A–F: Darstellung unterschiedlicher Fragetypen am Beispiel des Themengebiets „Toxine und Gegenmittel“. Alle Fragen sind vom „Best-Answer-Typ“: Durch eine negative Einfachauswahl soll die am wenigsten zutreffende Antwortmöglichkeit (Abbildungen A, B, C) oder durch eine positive Einfachauswahl die einzige richtige Antwortmöglichkeit (Abbildungen D, E, F) ausgewählt werden.....	14

Abbildung 8: Ergebnismitteilung innerhalb der einzelnen Themengebiete. Aufbau und Betitelung der Spalten entsprechend der Abbildung. Lag der prozentuale Anteil der korrekt beantworteten Fragen bei 60 % oder höher, wurde der Zahlenwert in Grün angezeigt, unter 60 % in Rot. Mit einem Klick auf das Kreissymbol konnten die Studierenden die Beantwortung eines Themengebiets, das sie bereits komplett beantwortet hatten, erneut starten. 15

Abbildung 9: In der Ansicht der Rubrik „Kursverwaltung“ verschafft sich der Dozent eine Übersicht über das Ergebnis einzelner Studierenden. In diesem Fall war die Kursverwaltung für die Lehrveranstaltung „Allgemeine Pharmakologie“ dargestellt. Die Bezeichnung der Lehrveranstaltung konnte mit einem Klick auf „Kursname bearbeiten“ geändert werden. Das Hinzufügen weiterer Studierender zu einer Lehrveranstaltung war mit einem Klick auf „Matrikelnummern hinzufügen“ möglich. Die Spalten „Matrikelnummer“, „Name“ und „Vorname“ enthielten die persönlichen Daten der jeweiligen Studierenden. Aus Datenschutzgründen wurden diese Daten in der Abbildung geschwärzt. In der Spalte „Fortschritt“ konnten sich die Lehrenden einen Überblick über den prozentualen Anteil der bereits beantworteten Fragen aller 440 Fragen verschaffen. Die Spalte „Korrekt“ gab Auskunft über den prozentualen Anteil der korrekt beantworteten Fragen aus der Gesamtheit der bisher beantworteten Fragen. Bei einem Zahlenwert von 60 % oder höher wurde der Zahlenwert in Schwarz angezeigt, bei unter 60 % in Rot. Die Spalte „Testate“ würde Ergebnisse aus optionalen Zwischenprüfungen auf McPeer anzeigen, wobei diese Funktion für die vorliegende Studie nicht zum Einsatz kam. Eine direkte Kontaktaufnahme mit den Studierenden per E-Mail war mit einem Klick auf das Briefsymbol möglich. Durch einen Klick auf das X-Symbol konnte das Konto von Studierenden aus der Lehrveranstaltung gelöscht werden..... 15

Abbildung 10: In der Ansicht der Rubrik „Fragenverwaltung“ verschafft sich der Dozent eine Übersicht über die kollektive Leistung in einem Themengebiet. Die von den Lehrenden eingepflegten Themengebiete der jeweiligen Lehrveranstaltung waren alphabetisch aufgelistet. Die Spalte „Fragen“ enthielt die Anzahl der Fragen innerhalb des jeweiligen Themengebiets. In der Spalte „Fortschritt“ erhielten die Lehrenden anhand eines prozentualen Zahlenwerts einen Eindruck davon, wie viele Fragen die Studierenden einer Lehrveranstaltung bereits beantwortet hatten. Beispielsweise würde ein Wert von 100 % bedeuten, dass alle Studierenden der jeweiligen Lehrveranstaltung alle Fragen des jeweiligen Themengebiets im 1. Versuch beantwortet hatten. Die Spalte „Korrekt“ gab mit einem prozentualen Zahlenwert an, wie viele der bereits beantworteten Fragen korrekt beantwortet wurden. Ein Klick auf das Sternsymbol dient der Hervorhebung des Themengebiets. Es wird sodann den Studierenden als Erstes in der Auflistung der Themengebiete angezeigt. Durch Klicken auf das Stiftsymbol öffnet sich der

Bearbeitungsmodus des Themengebiets, in dem die zugehörigen Fragen verändert werden können. Ein Klick auf Kreissymbol setzt die gesammelten Leistungsdaten der Studierenden des Themengebiets zurück. Durch einen Klick auf das viereckige Symbol mit Pfeil öffnet sich der Exportmodus. Hier können Lehrende ganze Themengebiete ohne Leistungsdaten der Studierenden an andere Lehrende versenden. Ein Klick auf das Kreissymbol mit Strich ermöglicht die Aktivierung (blau) oder Deaktivierung (schwarz) des jeweiligen Themengebiets für die Studierenden. Durch Anklicken des X-Symbols kann das Themengebiet gelöscht werden.	16
Abbildung 11: Versuchsaufbau und Zeitachse. Es wurde ein mit gemischten Forschungsmethoden ausgestattetes Studiendesign (Sammlung von Nutzungsdaten, Fragebögen zur Selbsteinschätzung und Bewertung der Plattform) gewählt.	17
Abbildung 12: Fragebogen zur Selbsteinschätzung des pharmakologischen Fachwissens. .	18
Abbildung 13: Abgleich und Anonymisierung der Daten der Studierenden.	21
Abbildung 14: Flussdiagramm zur Darstellung der unterschiedlichen Kohorten, die für die nachfolgenden Analysen verwendet wurden.	24
Abbildung 15: Anzahl der Studierenden pro Tag des Selbststudiums, an dem sie ihre erste Frage auf McPeer beantwortet haben (n = 224).	25
Abbildung 16: Die hier dargestellten Korrelationen betreffen ausschließlich die 224 Studierenden, wie zuvor ausgeführt. Streudiagramme stellen die Korrelation der Leistung in der Abschlussprüfung (prozentualer Anteil an korrekt beantworteten Fragen, y-Achse) gegenüber verschiedenen Lernanalyseparametern (x-Achse) dar. A: Gesamtleistung in 3 Versuchen: prozentualer Anteil aller korrekt beantworteten Fragen während der Nutzung von McPeer. B: Leistung 1. Versuch: prozentualer Anteil korrekt beantworteter Fragen bei der erstmaligen Beantwortung aller Fragen. C: Gesamtzeit: gesamte verbrachte Zeit auf McPeer während der Beantwortung von Fragen. D: Gesamte Fragen: Anzahl aller beantworteten Fragen auf McPeer. E: Zeit pro Frage: durchschnittliche Dauer zur Beantwortung einer Frage. F: Anzahl an Logins: Anzahl der Anmeldungen auf McPeer (n = 224).....	26
Abbildung 17: Übersicht der Leistung, prozentualer Anteil korrekt beantworteter Fragen der Studierenden auf McPeer. Gruppierung nach der Beantwortung aller Fragen im 1. (n = 224) und 1. und 2. (n = 46) und 1., 2. und 3. (n = 5) Versuch.	28
Abbildung 18: Ergebnis der Abschlussprüfung in Abhängigkeit von der Anzahl der komplett abgeschlossenen Versuche (1. Versuch n = 178; 2. Versuch n = 41; 3. Versuch n = 5).....	29
Abbildung 19: Subgruppenanalyse, die die Korrelation des 1. und 2. Versuchs der Beantwortung von Single-Choice-Fragen mit der Abschlussprüfung darstellt. Die Streudiagramme veranschaulichen die Korrelation der Leistung in der Abschlussprüfung gegenüber den Ergebnissen des 1. (A) und 2. (B) Versuchs der Beantwortung von Fragen	

auf McPeer. Der Koeffizient der bivariaten Korrelationen, r , wurde als Indikator für das Vorhersagemodell verwendet ($n = 46$).	31
Abbildung 20: Vergleich der korrekt beantworteten Fragen im 1. Versuch und in der Abschlussprüfung. Die Anteile der korrekt beantworteten Fragen aus dem 1. Versuch und der Abschlussprüfung korrelieren signifikant miteinander ($p < 0,001$, $n = 224$).	34
Abbildung 21: Zwischen den Kohorten (A) „ $n = 224$ “ und „ $n = 96$ “ und (B) „ $n = 224$ “ und „ $n = 16$ “ bestand ein signifikanter Unterschied in der Leistung der Abschlussprüfung. Studierende, die in der Kohorte „ $n = 224$ “ alle Fragen auf McPeer mindestens im 1. Versuch beantwortet hatten, erbrachten in der Abschlussprüfung durchschnittlich die Leistung von $73,63 \pm 12,77$ % korrekt beantworteten Fragen. Bei Studierenden der Kohorte „ $n = 96$ “, die nicht alle Fragen auf McPeer beantwortet hatten, lag dieser Wert bei $69,42 \pm 11,13$ %. Für Studierende der Kohorte „ $n = 16$ “ lag der Wert bei $65,75 \pm 13,83$ %. Zwischen den Kohorten „ $n = 96$ “ und „ $n = 16$ “ bestand kein signifikanter Unterschied.	35
Abbildung 22: A. Box-Diagramme zeigen den Median, das erste und dritte Quartil mit Whiskern, die die 5 %- und 95 %-Perzentile repräsentieren, $n = 157$, $p < 0,001$ (t-Test). B. Unterschiede zwischen prä- und postinterventioneller Einschätzung (Likert Δ) vor und nach der Verwendung von McPeer. C. Darstellung der 1. und 2. Selbsteinschätzung der Studierenden. Pro Balken wurde die Anzahl der Studierenden summiert, die sich für den jeweiligen Punkt (1–5) der Likert-Skala entschieden hatten. D. Leistungsvergleich zwischen dem 1. Versuch auf McPeer und der Abschlussprüfung der 157 Studierenden, die die 1. und 2. Selbsteinschätzung beantwortet haben ($n = 157$).	37
Abbildung 23: Darstellung einer Umfrage mit vier Fragen (A–D) an die Studierenden. Die Fragen A–C sollten mit der Auswahl eines Punkts auf einer Likert-Skala beantwortet werden. Der Wert „1“ entspricht „stimme voll und ganz zu“, und der Wert „5“ entspricht „stimme gar nicht zu“. Bei allen Fragen war eine Enthaltung möglich. Der Anteil der Enthaltungen wird unter „E“ angegeben.	39
Abbildung 24: Anzahl der Studierenden pro Tag des Selbststudiums, an dem sie ihre erste Frage auf McPeer beantwortet haben, aufgeteilt nach Geschlecht ($n = 224$).	41

8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auflistung der Themengebiete auf McPeer.	11
Tabelle 2: Struktur der Datenbank mcpeer_userstats.....	21
Tabelle 3: Deskriptive Statistik und bivariate Korrelation der in Abbildung 16 aufgeführten Lernanalyseparameter mit der Leistung in der Abschlussklausur. „Anzahl an Logins“: Zahl der Anmeldungen auf McPeer. „Gesamte Fragen“: Anzahl der beantworteten Fragen, sowohl richtig als auch falsch. „Gesamtleistung“: prozentualer Anteil aller korrekt beantworteten Fragen. „Leistung im 1. Versuch“: prozentualer Anteil korrekt beantworteter Fragen bei der erstmaligen Beantwortung aller Fragen. „Gesamtzeit“: Dauer der Beantwortung (Öffnen der Frage bis Auswahl einer Antwortmöglichkeit) aller Fragen in Stunden. „Zeit pro Frage“: durchschnittliche Dauer zur Beantwortung (Öffnen der Frage bis Auswahl einer Antwortmöglichkeit) einer Frage in Sekunden (n = 224).	27
Tabelle 4: Auflistung der Themengebiete auf McPeer und in der Abschlussklausur. Die Spalte „1. Versuch“ enthält den Prozentsatz der korrekt beantworteten Fragen nach der erstmaligen kompletten Beantwortung aller Fragen des jeweiligen Themengebiets. Die Spalte „Abschlussprüfung“ enthält den Prozentsatz der korrekt beantworteten Fragen in der Abschlussprüfung (n = 224).	30
Tabelle 5: Auflistung der Leistungen von Studierenden, die alle Fragen im 1. und 2. Versuch beantwortet haben. Die Spalte „Geschlecht“ kennzeichnet mit „W“ eine weibliche Studierende und mit „M“ einen männlichen Studierenden. Die Spalten „1. Versuch“, „2. Versuch“ enthalten den prozentualen Anteil korrekt beantworteter Fragen auf McPeer in den jeweiligen Versuchen. Die Spalte „Abschlussprüfung“ steht für den prozentualen Anteil korrekt beantworteter Fragen in der Abschlussprüfung. Grau hinterlegt sind die Leistungen der Studierenden, die trotz einer Verbesserung in der Leistung im 2. Versuch in der Abschlussklausur durchgefallen sind. Mit einem offenen Kreis sind die Studierenden markiert, die bereits im 1. Versuch durchgefallen wären. Der geschlossene Kreis markiert das Nichtbestehen in der Abschlussprüfung.	32
Tabelle 6: Multiple Regressionsanalyse mit den Variablen Leistung im 1. Versuch, Zeit pro Frage und Gesamtleistung auf McPeer.....	33
Tabelle 7: Analyse von Studierenden, die McPeer aktiv genutzt haben, jedoch nicht alle 440 Fragen mindestens im 1. Versuch beantwortet haben (n = 96).	35
Tabelle 8: Deskriptive Statistik und bivariate Korrelation verschiedener Lernanalyseparameter mit der Leistung in der Abschlussklausur der Studenten (n = 74).....	40
Tabelle 9: Deskriptive Statistik und bivariate Korrelation verschiedener Lernanalyseparameter mit der Leistung in der Abschlussklausur der Studentinnen (n = 150).	40

9. Veröffentlichungen

Publizierter Artikel

Kühbeck F., Berberat P., Engelhardt S., Sarikas A. (2019). Correlation of online assessment parameters with summative exam performance in undergraduate medical education of pharmacology: a prospective cohort study. BMC Medical Education. 19. 10.1186/s12909-019-1814-5.

Vorträge

Felizian Kühbeck, Pascal O. Berberat, Stefan Engelhardt, Antonio Sarikas (2015). Development and validation of a learning analytics platform for undergraduate pharmacology education, Doktorandenkolloquium, Ludwig-Maximilians-Universität München

10. Danksagung

Prof. Dr. Dr. Engelhardt, dem Leiter des Instituts für Pharmakologie und Toxikologie der Technischen Universität München, möchte ich für die Möglichkeit danken, meine Dissertation unter seiner Leitung durchführen zu dürfen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. Antonio Sarikas für die Überlassung des Themas und die ausgezeichnete Unterstützung bei der Durchführung der Studie und Erstellung dieser Arbeit.

Danken möchte ich außerdem allen Studierenden, die so zahlreich an der Studie teilgenommen haben. Ohne sie hätte diese Arbeit nicht entstehen können. Es ist mir eine große Freude, dass die von mir programmierte Lernplattform von den Studierenden so gut angenommen wurde und seither stark frequentiert wird.

Ich danke Martin R. Fischer und Daniel Bauer (LMU, München) für hilfreiche Anregungen und kritische Diskussionen. Außerdem danke ich Dr. Maximilian Habs (LMU, München) und Dr. Bernhard Haller (Institut für Medizinische Statistik und Epidemiologie, TUM, München) für die Fachberatung.

Nicht zuletzt gilt ein großer Dank meiner Familie für die uneingeschränkte Unterstützung bei der Entstehung dieser Arbeit.