

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dieter Drescher

**Studie zur Qualitätssteigerung und -sicherung in
der curricularen Neustrukturierung des
Sachkundeerwerbs in der Zahnärztlichen
Radiologie**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Sophie Marie Ylinen
2021

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachterin: PD Dr. med. dent. Kathrin Becker

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Jörg Handschel

Für meine Familie

Zusammenfassung

Die Früherkennung von Zahn-, Mund- und Kiefer (ZMK)-Erkrankungen ist eine der wichtigsten Aufgaben von Zahnärzten. Zahlreiche Befunde mit ossärer Beteiligung können röntgenologisch bereits viel früher als in der Phase der klinischen Manifestation ersichtlich sein. Ungeachtet der hohen Inzidenzen maligner Erkrankungen im ZMK-Bereich fehlt ein systematisches Training der Befundung von Röntgenbildern im zahnärztlichen Curriculum. Ein zu spätes Erkennen maligner Pathologien kann nicht nur für den Patienten gravierende Konsequenzen haben, sondern auch zu einer erheblichen Kostensteigerung im Gesundheitssystem führen. Um Zahnmedizinstudierenden die Möglichkeit zu bieten, ihre Radiologie-Kenntnisse interaktiv, zeitlich und örtlich flexibel zu überprüfen und zu vertiefen, wurde an der Heinrich-Heine-Universität (HHU) die elektronische Radiologie-Plattform CONRAD, benannt nach dem Entdecker der Röntgenstrahlen Wilhelm Conrad Röntgen, entwickelt. Ziel der vorliegenden Doktorarbeit war es, im Rahmen einer prospektiven Kohortenstudie die Effektivität dieser Plattform in der Einführungsphase zu evaluieren.

Zahnmedizinstudierende im klinischen Studienabschnitt erhielten kostenfreien Zugang zur neuen *E-Learning*-Umgebung. Der Lernzuwachs wurde zu Beginn und Ende eines Semesters mithilfe von E-Klausuren auf der elektronischen Plattform ILIAS (Integriertes Lern-, Informations- und Arbeitskooperations-System) ermittelt. In den E-Klausuren der Pilotphase im Wintersemester (WS) 2016/17 wurden die Klausurfragen validiert. Im Sommersemester (SS) 2017 wurde die erste Testphase durchgeführt. Die Klausuren bestanden ausschließlich aus validierten Klausurfragen mit Trennschärfen $\geq 0,25$.

Die Fragen der E-Klausuren in der ersten Testphase wurden unter Berücksichtigung folgender Aufteilung der Item-Schwierigkeiten erstellt: 15% einfach, 49% angemessen, 25% mittelschwer, 10% schwierig und 1% sehr schwierig. Die Unterschiede im Lernerfolg zwischen Eingangs- und Abschlussklausuren wurden mittels Statistikprogramm R unter Benutzung des *paired t*-Tests berechnet ($p < 0,05$). Außerdem wurde mittels Fragebögen die Zufriedenheit der Studierenden mit der Plattform evaluiert.

In der Pilotphase im WS 2016/17 wurde eine Verbesserung der Ergebnisse verzeichnet, die allerdings nicht signifikant war. In der ersten Testphase im SS 2017 wurde eine signifikante Verbesserung der Ergebnisse in zwei von drei Semestern erzielt. In der Befragung äußerten die Studierenden Zufriedenheit mit dem elektronischen Lernangebot. Die *E-Learning*-Plattform erwies sich angesichts der signifikanten Steigerung des Lerneffekts in der ersten Testphase und des hohen Zufriedenheitsgrades der Studierenden als geeignetes Lernmedium. Die ILIAS-E-Klausuren sind gegenwärtig Teil der Klinik und Poliklinik für ZMK-Kursordnung. Bei Erreichen der 70-Prozent-Grenze bei den E-Abschlussklausuren im siebten, achten und neunten Semester, können sich seit 2019 Studierende an der HHU die Hälfte ihrer 100 Röntgenbefunde für die Radiologie-Sachkunde gutschreiben lassen.

Abstract

Detecting pathologies of the mouth and jaw is one of the most important responsibilities of dentists when diagnosing dental radiographs. Many pathologies can be detected on radiographs a lot earlier than the clinical manifestation. Despite high incidences, diagnostic skills are often not systematically trained in dental schools. As a result, malignant pathologies may be diagnosed too late, which might have fatal consequences to the patient. A virtual e-learning platform CONRAD, named after the founder of x-rays, Wilhelm Conrad Röntgen, was developed to provide undergraduate students with an interactive way to improve their radiological skills. The learning effects were evaluated within a prospective cohort study.

Students attending a three-semester clinical course for dental and craniofacial diseases were given free of charge access to the new e-learning platform. To evaluate the improvement of students' diagnostic skills after using CONRAD, electronic exams were conducted at the beginning and end of each semester using the ILIAS platform, an open source, web based learning management system. The questions used were validated beforehand during a pilot phase in the winter semester of 2016/17. The test period ran in the summer semester of 2017. The electronic exam in the summer semester of 2017 included only validated questions with discriminatory powers $\geq 0,25$.

The test was set up with the following distribution of difficulties for the questions: 10% easy, 49% moderate, 25% moderately difficult, 10% difficult and 1% very difficult. The results were analyzed by using the statistics software R and a paired t-test ($p < 0,05$). Students' satisfaction with the platform was evaluated by using opinion polls.

In the winter semester of 2016/17 there was an improvement of the students' diagnostic skills, which was not significant. In the summer semester of 2017 though, a significant improvement was noted in two of the three semester courses. The opinion polls revealed high satisfaction with the e-platform.

The e-learning platform proved to be a qualified method for improving students' diagnostic skills by showing a significant learning improvement in the test phase in two of three semester courses, and high satisfaction of the students. Due to the findings of this study, the e-exams on the ILIAS platform are now an obligatory part of the three-semester course for dental and craniofacial diseases. If students answer 70 percent or more questions correctly in all three tests at the end of each semester, they will earn bonus points for their requisite qualification in radiology.

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
HHU	Heinrich-Heine-Universität
ILIAS	Integriertes Lern-, Informations- und Arbeitskooperations-System
RKI	Robert Koch-Institut
SS 17	Sommersemester 2017
vs.	versus
WS 16/17	Wintersemester 2016/17
ZfKD	Zentrum für Krebsregisterdaten
ZIM	Zentrum für Informations- und Medientechnologie
ZMK	Zahn, Mund und Kiefer

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Lehre der Zahnärztlichen Radiologie.....	1
1.2 Fachkundeerwerb der Zahnärztlichen Radiologie	2
1.3 Diagnose von ZMK-Erkrankungen	3
1.4 Neues radiologisches Curriculum.....	4
1.4.1 Planung der neuen <i>E-Learning</i> -Tools.....	5
1.4.2. Radiologischer <i>E-Learning</i> -Atlas CONRAD.....	7
1.5 <i>E-Learning</i> vs. konventionelles Lernen	8
1.6 Ziele der Arbeit.....	10
2 Material und Methoden	11
2.1 Aufbau der <i>E-Learning</i> -Plattform.....	11
2.1.1 Framework der CONRAD-Plattform	12
2.1.2 Annotationen	12
2.1.3 Interaktive Features der Plattform	12
2.1.4 Ergänzende Histopathologien	14
2.2 Leistungsüberprüfung über ILIAS-E-Klausuren	15
2.2.1 Itemanalyse der E-Klausurfragen	15
2.2.2 Fragetypen	16
2.3 Durchführung der E-Klausuren.....	18
2.3.1 Eingangsklausur im Wintersemester 2016/17	18
2.3.2 Abschlussklausur im Wintersemester 2016/17	19
2.3.3 Eingangsklausur im Sommersemester 2017	19
2.3.4 Abschlussklausur im Sommersemester 2017.....	20
2.4 Fragebögen	20
2.5 Teilnehmende der Studie	21
2.5.1 Teilnehmende im Wintersemester 2016/17	22
2.5.2 Teilnehmende im Sommersemester 2017	22
2.6 Studienaufbau	23
2.7 Statistik.....	25
3 Ergebnisse	25
3.1 Ergebnisse der E-Klausuren.....	26
3.1.1 Ergebnisse Wintersemester 2016/17.....	27
3.1.2 Ergebnisse Sommersemester 2017	30
3.2 Analyse der Plattformnutzung	33
3.3 Probanden.....	34
3.4 Ergebnisse der Fragebögen.....	34
3.4.1 Fragebögen im Wintersemester 2016/17	34
3.4.2 Fragebögen im Sommersemester 2017	38
4 Diskussion	42
4.1 Umsetzung des Projektziele an der HHU	42
4.1.1 <i>E-Learning</i> -Atlas CONRAD	43
4.1.2 E-Klausuren und elektronischer Sachkundeerwerb.....	44
4.2 Diskussion von Material und Methoden.....	46
4.2.1 Studiendesign.....	46
4.2.2 Teilnehmende der Studie	48
4.2.3 Lernplattform	50
4.2.4 E-Klausuren.....	51

4.2.5 Fragebögen	53
4.3 Diskussion der Ergebnisse	54
4.3.1 E-Klausurergebnisse	55
4.3.2 Ergebnisse der Fragebögen	57
4.4 Schlussfolgerungen	60
4.4.1 <i>E-Learning</i> -Plattform CONRAD	60
4.4.2 Sachkunde der Zahnärztlichen Radiologie	61
5 Literatur- und Quellenverzeichnis	63
6 Anhang	69

1 Einleitung

1.1 Lehre der Zahnärztlichen Radiologie

Die zahnärztliche Approbationsordnung aus dem Jahr 1955 stellt bis dato weitgehend unverändert die Richtlinien für das Zahnmedizinstudium dar. Angesichts der Entwicklungen im Bereich der Zahnmedizin und der Anforderungen an eine zeitgemäße Lehre ist eine Neuregelung der zahnärztlichen Ausbildung dringend erforderlich. Deshalb wird zurzeit an einer Novellierung der zahnärztlichen Approbationsordnung gearbeitet (1). Diese Neuregelung ist auch im Fach Zahnärztliche Radiologie unerlässlich, da es seit dem Jahr 1955 bei den Anforderungen und Gewichtungen für das Curriculum Radiologie kaum Veränderungen gegeben hat, obwohl sich im Laufe der Zeit auch in diesem Fachbereich viel geändert hat.

Ungeachtet der Tatsache, dass heutzutage beinahe jeder Zahnarzt ein eigenes Röntgengerät besitzt, wird der Radiologie im Studium eher geringe Bedeutung beigemessen. Zum einen ist bis zu diesem Datum im zahnärztlichen Examen die Zahnärztliche Radiologie nur eines von drei Teilprüfungsfächern des Prüfungsfaches Chirurgie und wirkt sich somit mit nur einem Drittel auf die Gesamtnote dieser Teilprüfung des zahnärztlichen Examens aus. Zum anderen gibt es im Studium selbst bis heute nur einen einzigen Semesterkurs, in dem ausschließlich radiologische Inhalte unterrichtet werden. Dabei handelt es sich um den im sechsten Semester unterrichteten Radiologischen Kursus mit besonderer Berücksichtigung des Strahlenschutzes, welcher sich aus einer semesterübergreifenden Vorlesungsreihe und einem einwöchigen Röntgenpraktikum während der vorlesungsfreien Zeit zusammensetzt. Im achten und neunten Studiensemester besuchen die Studierenden noch zusätzlich eine interdisziplinäre Vorlesung zu speziellen Zahn- Mund- und Kiefer (ZMK)-Erkrankungen, in der im Zusammenhang mit verschiedenen Pathologien unter anderem auch Röntgenbilder besprochen werden. Radiologische Befunde werden darüber hinaus in Fächern wie Kieferorthopädie, Zahnerhaltung, Prothetik und zahnärztliche Chirurgie fallorientiert und somit nur

unsystematisch besprochen. Für die Vermittlung eines Gesamtbildes und für ein vertieftes Verständnis der Röntgenbefunde bei den Studierenden bedarf es jedoch didaktisch gesehen eines übersichtlichen und systematischen Aufbaus des Radiologie-Unterrichtsangebotes sowie verbesserter und modernerer Möglichkeiten für Training und Selbststudium. Vor dem Hintergrund der oben angesprochenen Tatsachen scheint die Radiologie im Zahnmedizinstudium als Studienfach insgesamt eine untergeordnete Stellung einzunehmen.

1.2 Fachkundeerwerb der Zahnärztlichen Radiologie

An der Heinrich-Heine-Universität (HHU) Düsseldorf wird den Studierenden der Zahnmedizin die Möglichkeit geboten, im Rahmen ihres Staatsexamens auch die Bescheinigung über die erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz zu erwerben. Damit erhält der Zahnarzt die rechtliche Befähigung, für diagnostische Zwecke intraorale Röntgenaufnahmen, Panoramaschichtaufnahmen und Fernröntgenaufnahmen des Schädels anzufertigen und zu befunden.

Um die Fachkunde im Strahlenschutz zusammen mit der bestandenen Zahnärztlichen Prüfung zu erlangen, müssen die Studierenden sowohl die Sachkunde als auch Kenntnisse im Strahlenschutz erwerben. Die Sachkunde umfasst sowohl praktisches als auch theoretisches radiologisches Wissen. Im Mittelpunkt steht dabei das Erlernen der rechtfertigenden Indikation sowie die korrekte Befundung verschiedener Typen von Röntgenaufnahmen.

Die Kenntnisse im Strahlenschutz erwerben Zahnmedizinierende im Rahmen des Radiologischen Kursus mit besonderer Berücksichtigung des Strahlenschutzes. An der Heinrich-Heine-Universität werden die theoretischen Grundlagen in einer Vorlesungsreihe im ersten klinischen Semester gelehrt, während die Studierenden im Rahmen eines einwöchigen Praktikums die technische Durchführung mittels Aufnahmeübungen an Phantommodellen mit anschließender Befundung erlernen.

Der Erwerb der Radiologie-Sachkunde an der Heinrich-Heine-Universität setzte bis Sommer 2018 die Befundung von 100 selbst gewählten Röntgenbildern in Papierform voraus. Die Befunde wurden von einer fachkundigen Lehrperson korrigiert und im Anschluss daran mit dem Kandidaten besprochen.

Dieses Vorgehen ist bei Gewährleistung einer adäquaten Betreuung sehr zeit- und kostenaufwändig. Bei einer Besprechungszeit von 5 Minuten pro Röntgenbild und einer Semesterstärke von 30 Studenten belief sich der Arbeitsaufwand auf 250 Stunden pro Semester. Diese theoretisch benötigte Zeit war jedoch nicht in den curricularen Normwerten abgebildet. Für die Besprechung der Röntgenaufnahmen steht deshalb nicht genügend Personal zur Verfügung. Da eine korrekte und vollständige Befundung von Röntgenaufnahmen in der frühen Erkennung von Malignitäten einen sehr hohen Stellenwert im Gesundheitssystem hat (siehe Absatz 1.3), bestand hier dringender Handlungsbedarf.

Ein weiterer potenziell nachteiliger Faktor war die fehlende Standardisierung der zu befundenden Röntgenaufnahmen in der Radiologie-Sachkunde. Die Auswahl der 100 Röntgenaufnahmen war den Studierenden selbst überlassen, was häufig zur Folge hatte, dass diese bei ihrer Auswahl Aufnahmen mit wenigen pathologischen Auffälligkeiten bevorzugten und somit die Befundung der verschiedenen ZMK-Erkrankungen nicht systematisch und ordnungsgemäß geübt wurde.

1.3 Diagnose von ZMK-Erkrankungen

Es ist davon auszugehen, dass Fehlinterpretationen oder Nichterkennen maligner Befunde für den Patienten fatale Folgen haben können. Studierenden war es aufgrund der fehlenden Definition von Anforderungen und standardisierter Leistungsüberprüfungen jedoch möglich, auch mit gravierenden Wissenslücken die Fachkunde im Strahlenschutz zu erwerben. Möglicherweise hat dies auch eine Bedeutung für das Gesundheitssystem, da

Zahnärzten eine wichtige Rolle in der frühzeitigen Diagnose von ZMK-Erkrankungen zukommt.

Laut Daten des Zentrums für Krebsregisterdaten (ZfKD) des Robert Koch-Instituts (RKI) aus dem Jahr 2016 (korrigierte Fassung vom 17.08.2020) liegt in Deutschland die jährliche Inzidenz für Krebsneuerkrankungen der Mundhöhle und des Rachens bei Frauen bei 4180 und bei Männern bei 9720 Fällen. In der Gruppe der Frauen macht dies 1,8 % aller Tumorerkrankungen und bei den Männern sogar 3,7 % aller Tumorerkrankungen aus. Im Jahr 2016 starben insgesamt 1387 Frauen und 4070 Männer an den Folgen von Tumoren der Mundhöhle und des Rachens (2).

Da Patienten in der Regel alle sechs Monate einen Zahnarzt aufsuchen, hat dieser die Möglichkeit, als erster Pathologien im Zahn- Mund- und Kieferbereich zu erkennen. Viele Erkrankungen in diesem Bereich sind bereits im Frühstadium röntgenologisch ersichtlich und zeigen bei frühzeitiger Erkennung eine gute Prognose. Eine korrekte Früherkennung steht dabei in engem Zusammenhang mit der Kompetenz des Zahnarztes und kann zudem Patienten vor dem Fortschreiten maligner Erkrankungen bewahren und somit auch relevante Geldmittel im Gesundheitswesen einsparen.

1.4 Neues radiologisches Curriculum

Um die Kompetenz der Studierenden für die Früherkennung von radiologisch sichtbaren ZMK-Erkrankungen zu steigern, schien es dringend notwendig, die Lehre in diesem Bereich zu verbessern. Zusätzliche Personalstunden konnten dafür nicht veranschlagt werden, da die Kapazitätsverordnung diesbezüglich keine Erhöhung vorsah. Eine effiziente und zeitgemäße Lösung bietet jedoch der Einsatz moderner Techniken, welche den Schwerpunkt dieser Arbeit bilden. Mithilfe dieser technischen Hilfsmittel soll einerseits die Lehre der Radiologie ausgebaut und verbessert und andererseits der Fachkundeerwerb im Strahlenschutz effizienter gestaltet und standardisiert werden.

Die angesichts des geschilderten Verbesserungsbedarfs und der geänderten Anforderungen der Approbationsordnung in die Wege geleiteten Maßnahmen zur Verbesserung der Lehre der zahnärztlichen Radiologie sollten im Rahmen einer Pilotstudie untersucht werden.

Im Wintersemester 2016/17 (WS 16/17) wurde an der Heinrich-Heine-Universität ein *E-Learning*-Projekt gestartet, im Rahmen dessen zwei elektronische Tools entwickelt wurden. Bei dem ersten handelt es sich um einen radiologischen *E-Learning*-Atlas, der entwickelt wurde, um den Studierenden ein Lernmedium für das Selbststudium zur Verfügung zu stellen. Der radiologische *E-Learning*-Atlas erhielt den Namen CONRAD nach dem Entdecker der Röntgenstrahlen Wilhelm Conrad Röntgen. Das zweite elektronische Tool ist eine elektronische Plattform mit Klausurfragen – in der Folge als E-Klausurfragen bezeichnet –, die zur Erfolgskontrolle nach Nutzung des E-Atlas verwendet werden sollte. Die E-Klausurfragen wurden im Laufe dieser Studie validiert.

Die im Rahmen dieser Studie eingesetzten Tools dienen der geplanten Weiterentwicklung des elektronischen Radiologie-Sachkundeerwerbs an der Heinrich-Heine-Universität.

1.4.1 Planung der neuen *E-Learning*-Tools

In diesem Abschnitt werden die Hintergründe und Überlegungen zu dem Projekt sowie die Implementierung der im Rahmen des Projekts ausgearbeiteten technischen Erneuerungen beschrieben. In einem ersten Schritt wurde der bestehende Lehrplan untersucht. Dazu wurde ein auf den Kriterien von Thomas et al (3) basierender Katalog von Kriterien ausgearbeitet, die nach den Projektanforderungen gewählt und dementsprechend angepasst wurden. Die folgenden Punkte standen bei der Untersuchung im Mittelpunkt: Problemidentifikation, Evaluation der Bedürfnisse, Ziele, pädagogische Strategien (Inhalt und Methoden), Implementierung sowie Evaluation und Feedback. Im Folgenden werden die Kriterien und Untersuchungsergebnisse zusammenfassend aufgelistet.

I. Problemidentifikation

- mangelnde Radiologie-Kenntnisse der Zahnmedizinierenden
- veraltetes Radiologie-Curriculum
- keine Erhöhung der Personalstunden seitens der Kapazitätsverordnung
- Aktualisierungsbedarf der Radiologie-Sachkunde

II. Evaluation der Bedürfnisse

- Notwendigkeit einer Plattform für Studierende zur systematischen Übung radiologischer Befunde
- Wunsch nach effizienterer Gestaltung der Radiologie-Sachkunde

III. Ziele

- Effiziente Vermittlung deklarativen und prozeduralen Wissens in der Zahnärztlichen Radiologie
- Steigerung der intrinsischen Lernmotivation der Studierenden
- Umfassende und wirksame Gestaltung der Lehre der Radiologie
- Langzeitziel: Neugestaltung des Sachkundeerwerbs der zahnärztlichen Radiologie

IV. Pädagogische Strategien (Inhalt und Methoden)

- Lernmedium für Studierende: *E-Learning*-Atlas CONRAD mit zoombaren Röntgenbildern, Annotationen und Informationstexten für das Selbststudium
- E-Klausuren zur Erfolgskontrolle nach Nutzung des CONRAD-Atlas
- Erarbeitung eines *Blended Learning*-Konzepts mit Integration der CONRAD-Plattform in den Präsenzunterricht der zahnmedizinischen Kurse Auscultando, Practicando I und Practicando II

- Entwicklung eines elektronischen Sachkundeerwerbs an der Heinrich-Heine-Universität basierend auf dem vorliegendem *E-Learning*-Projekt

V. Implementierung

- Pilotphase im Wintersemester 2016/17: Testversion des *E-Learning*-Atlas CONRAD
- Erste Testphase im Sommersemester 2017: Vollversion des *E-Learning*-Atlas CONRAD
- E-Klausuren zu Beginn und Ende des jeweiligen Semesters
- Langzeitziel: Nutzung der E-Klausuren für die Neustrukturierung der Radiologie-Sachkunde

VI. Evaluation und Feedback

- Evaluation des Lernerfolgs nach Nutzung des E-Atlas CONRAD über E-Klausuren
- Einsatz von Fragebögen zur Untersuchung der Eignung des Online-Atlas sowie zur Ermittlung der Einstellungen der Studierenden hinsichtlich digitaler Medien

1.4.2. Radiologischer *E-Learning*-Atlas CONRAD

Das im Rahmen der Verbesserungsphase erweiterte Curriculum sah vor, dass Studierende zusätzlich zu den Vorlesungen und zum Radiologie-Praktikum Zugang zum radiologischen Online-Atlas CONRAD bekamen, der ihnen die Möglichkeit bot, radiologische Befunde zu üben. Ziel war es, den Studierenden ein didaktisch und fachlich fundiertes Lerntool an die Hand zu geben, mit dem sie orts- und zeitunabhängig radiologische Inhalte selbständig erlernen und vertiefen konnten. Zusätzlich geplant war die Integration des *E-Learning*-Atlas in die Vorlesung der Kurse Auscultando, Practicando I und Practicando II im Sinne eines *Blended Learning*-Konzepts, um den Studierenden die Funktionen

des Atlas in der Vorlesung zu demonstrieren und vor allem die in den Kursen besprochenen Pathologien und Differentialdiagnosen systematisch zu lehren.

Zur Überprüfung des mit der CONRAD-Lernplattform anvisierten Lernerfolgs wurden validierte E-Klausuren ausgearbeitet. Die Leistungen der Studierenden wurden damit zu Beginn und Ende eines Semesters überprüft. Langfristiges Ziel war es, die validierten Fragen der E-Klausuren in einer späteren Phase auch in den Fachkundeerwerb zu integrieren. Insgesamt sollten durch diese Erneuerungen die Studierenden zukünftig besser auf das Examen und die zahnärztliche Berufslaufbahn vorbereitet werden. Dies soll eine kompetentere allgemein-zahnärztliche Behandlung gewährleisten, von der letzten Endes am meisten der Patient profitiert.

1.5 *E-Learning* vs. konventionelles Lernen

In diesem Abschnitt wird das Thema *E-Learning* und seine Eignung kritisch in Gegenüberstellung zu konventionellem Unterricht besprochen. Die Betonung von *E-Learning* basierten Methoden stand in diesem Projekt im Vordergrund, da, wie bereits oben erwähnt, zusätzlich zu den fehlenden Lehrpersonalstunden auch der Stundenplan der Zahnmedizin Studierenden keine weiteren semesterübergreifenden Lehrveranstaltungen zuließ und zusätzliche Präsenzveranstaltungen den Universitätsalltag der Studierenden noch mehr belasten würden. Von einem *E-Learning*-Angebot profitieren zudem auch diejenigen Studierenden, die nicht direkt am Studienort wohnen.

E-Learning wird als Lernen über elektronische Mittel, wie beispielsweise über Internet, Intranet oder andere Multimedia-Materialien definiert (4). Elektronisches Lernen ermöglicht eine bequeme Nutzung von *E-Learning*-Inhalten, eine einfache Registrierung für Kurse, erhöhte Flexibilität, reduzierte Kosten, Möglichkeiten zur einfacheren Aktualisierung des Lernmaterials, Nachverfolgung der Studierendenaktivitäten, sowie eine einfache Speicherung der Kursmaterialien (5). *E-Learning*-Technologien bieten dem Lernenden die Kontrolle über Inhalte, Lernsequenzen, individuelles Lerntempo, Einteilung der

Lernzeit und auch über die Wahl des Lernmediums (Art des Endgerätes). Dadurch kann der Lernende seinen Lernprozess an seinen Wissensstand und seine persönlichen Ziele anpassen (6).

Als mögliche Nachteile werden in der Literatur technische Schwierigkeiten, Aufwand bei der Entwicklung des Lehrstoffs, fehlende technische Ressourcen sowie die Isolation bzw. Frustration der Studierenden genannt (5-9).

Sitzmann et al. (10) fassten in ihrer Metaanalyse 96 *E-Learning*-Studien zusammen. Die Kernaussage der Analyse ergab, dass beim Vergleich von *E-Learning* basiertem und konventionellem vorlesungsbasierten Unterricht die Lerneffektivität in der Vermittlung prozeduralen Wissens ähnlich ist. Bei der Vermittlung deklarativen Wissens zeigte sich jedoch, dass *E-Learning* um 6 % effektiver als konventionelle Lernmethoden ist.

Ein optimales *E-Learning*-Programm vermittelt den Studierenden die Kursinhalte genau und unmissverständlich. Es ist interaktiv, bietet die Möglichkeit, sein eigenes Lerntempo zu bestimmen, ist selbstgesteuert und hat im Gegensatz zum Präsenzunterricht für den Dozenten den Vorteil, den Unterricht unabhängig von Faktoren wie Ablenkung, Müdigkeit oder Eile gestalten zu können (11).

Studierende empfinden *E-Learning* nicht als Ersatz für konventionelles Lernen, sondern als Ergänzung zu diesem (6). Das Ziel der neuen Radiologie-Plattform war daher nicht, Lehrveranstaltungen zu ersetzen, sondern das Radiologie-Curriculum, um ein weiteres Lernangebot zu ergänzen. Anstelle eines ausschließlich webbasierten Lernkonzepts rückte deshalb bei der Entwicklung des Projekts das Konzept des *Blended Learning* in den Mittelpunkt. *Blended Learning* verbindet traditionellen lehrergeleiteten Unterricht mit *E-Learning*-Technologien. Dabei wird zum Beispiel eine Vorlesungs- oder Vortragsserie durch onlinebasierte Unterrichtsformen ergänzt. Aus pädagogischer Sicht hat *E-Learning* das Potential, das Paradigma des passiven lehrerzentrierten Lernens in Richtung lernerzentrierten Lernens zu verschieben (12).

1.6 Ziele der Arbeit

Für die vorliegende Arbeit werden vor dem Hintergrund der obigen Ausführungen folgende Ziele definiert:

1. Gestaltung eines neuen *E-Learning*-Angebots zur Ergänzung der konventionellen Lehre ab WS 2016/17 für die Zahnmedizinierenden der HHU (übergeordnetes Ziel)
2. Durchführung einer longitudinalen Studie zur Bewertung der Entwicklung diagnostischer *Skills* der Studierenden nach Verwendung des *E-Learning*-Angebots im Zeitraum WS 2016/17 und SS 2017 (Primärziel)
3. Erfassung der Zufriedenheit und subjektiven Einschätzung der radiologischen Skills der Studierenden (Nebenziel)
4. Neustrukturierung und Digitalisierung des Sachkundeerwerbs in der Zahnärztlichen Radiologie (Langzeitziel)

2 Material und Methoden

Die *E-Learning*-Plattform CONRAD wurde im WS 2016/17 als Pilotversion für die Zahnmedizinierenden der HHU im siebten, achten und neunten Semester eingeführt. Im SS 2017, in der ersten Testphase, wurde den Studierenden die Plattform in der überarbeiteten Version zur Verfügung gestellt. Zu Beginn und Ende beider Semester wurden die Teilnehmenden mittels E-Klausuren auf ihr radiologisches Wissen getestet.

2.1 Aufbau der *E-Learning*-Plattform

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde zu Beginn des Wintersemesters 2016/17 mit dem Aufbau der virtuellen Radiologie-Plattform CONRAD begonnen. Sie beinhaltet zu Beginn 200 zahnärztliche Röntgenbilder mit unterschiedlichen rechtfertigenden Indikationen und wird seither kontinuierlich erweitert. Im März 2021 umfasste der Bestand des Röntgenatlas 522 Bilder. Jede Aufnahme ist einer Kategorie zugeteilt, welche entweder die Aufnahmetechnik charakterisiert oder ein übergeordnetes Krankheitsbild beschreibt (Abb. 1). CONRAD wurde den Zahnmedizinierenden der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf aus dem siebten, achten und neunten Semester zeit- und ortsunabhängig zur Verfügung gestellt.

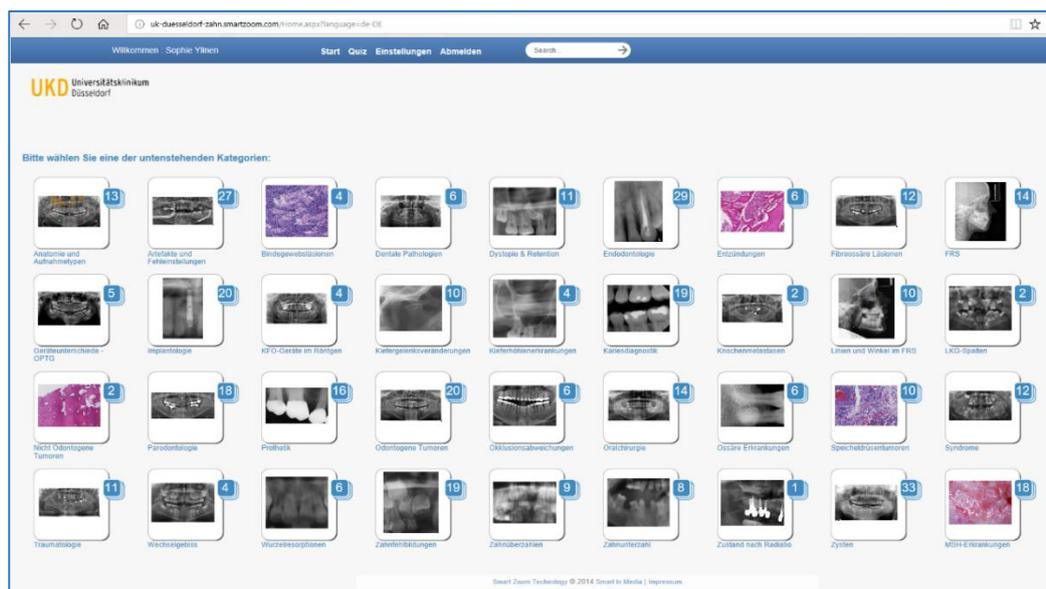


Abb. 1: Übersicht über die Präparat-Kategorien nach erfolgreichem Einloggen

2.1.1 Framework der CONRAD-Plattform

Als Framework für die CONRAD-Plattform wurde das kommerzielle Smart Zoom® (SmartInMedia GmbH & Co. KG, Köln, Deutschland) verwendet. Dieses bietet die Möglichkeit, Bilder pyramidenartig in einzelne Pixel (*Tiles*) zu zerlegen und gewährleistet somit stufenloses Zoomen. Weiterhin bietet die Plattform verschiedene didaktische Tools. Dozierende können Annotationen und Informationstexte für Präparate erfassen. Die Studierenden können selbstständig Annotationen hinterlegen, Fragen an Dozierende stellen oder sogar ein eigenes Notizbuch anlegen. Die Plattform enthält auch einen Quizmodus, mithilfe dessen die Studierenden ihr Wissen testen können.

2.1.2 Annotationen

Die Röntgenaufnahmen wurden vom Lehrpersonal des Universitätsklinikums Düsseldorf und von der Verfasserin dieser Doktorarbeit mit Annotationspins versehen, welche z.B. anatomische Strukturen oder pathologische Befunde markieren und über welche per Mausklick weitere Informationen zur markierten Struktur abgerufen werden können. Weiterhin können auch polygonförmige Annotationen hinterlegt werden. Diese werden für Strukturen wie die Kieferhöhle oder die Orbita genutzt, um die Extension zu verdeutlichen und den Verlauf bestimmter Strukturen hervorzuheben (Abb. 2). Per Mausklick auf den Information-Button kann darüber hinaus eine Zusammenfassung mit den wichtigsten Informationen zum Krankheitsbild geöffnet werden (Abb. 3). Auf diese Weise können Studierende ihr Wissen über die abgebildete Pathologie oder anatomische Struktur erweitern.

2.1.3 Interaktive Features der Plattform

Die Studierenden können auf der CONRAD-Plattform Fragen an das Lehrpersonal richten. Die Dozierenden beantworten diese Fragen im Administrationsbereich der Plattform. Die erfolgte Beantwortung wird allen Nutzern durch ein grünes Fragezeichen anonymisiert angezeigt (Abb. 2).

Unbeantwortete Fragen können nur von Administratoren und Dozierenden eingesehen werden.

Die Bilder und Informationstexte können von den Studierenden mit einem bis fünf Sternen bewertet werden. Damit haben sie die Möglichkeit zu beurteilen, wie hoch der Nutzen für den individuellen Lernprozess war.

Im Quizmodus zeigt die Plattform den Studierenden ein Röntgenbild und dazu fünf *Single Choice*-Antwortmöglichkeiten an, aus denen die richtige Antwort gewählt werden muss (Abb. 4). Auf diese Weise können Studierende ihr Wissen selbstständig testen. Des Weiteren verfügen die Nutzer über ein Notizbuch, in dem sie eigene Anmerkungen notieren können.

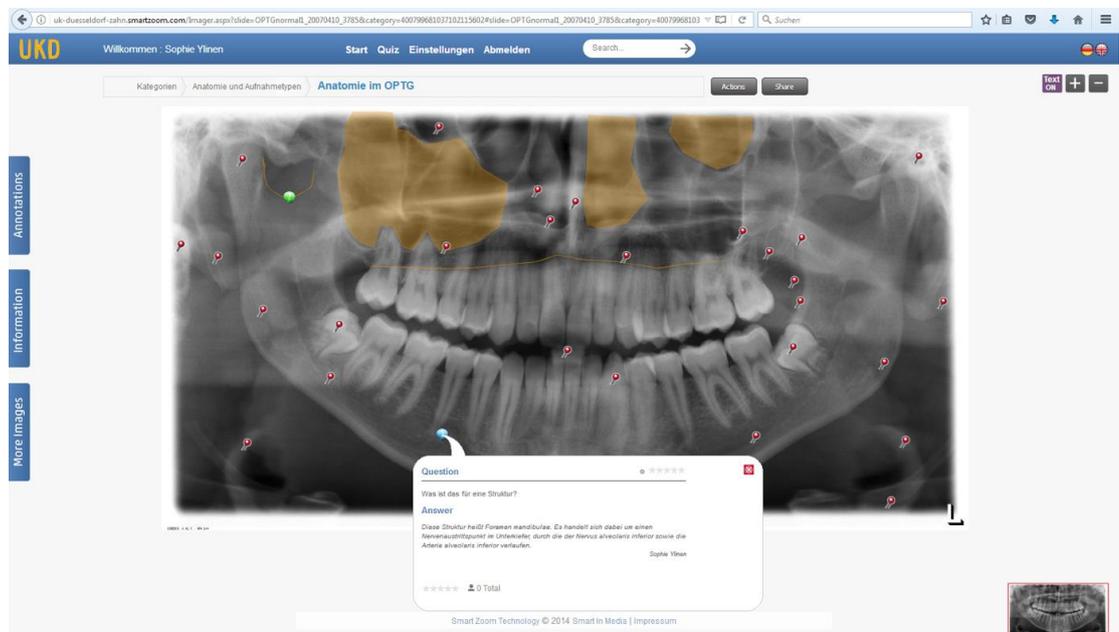


Abb. 2: Beispiel einer Röntgenaufnahme im E-Atlas

Per Mausklick auf einen roten Pin oder eine gelb markierte Fläche wird die jeweilige Annotation geöffnet. Grün erscheinende Fragezeichen im Bild kennzeichnen vom Lehrpersonal beantwortete Fragen der Nutzer.

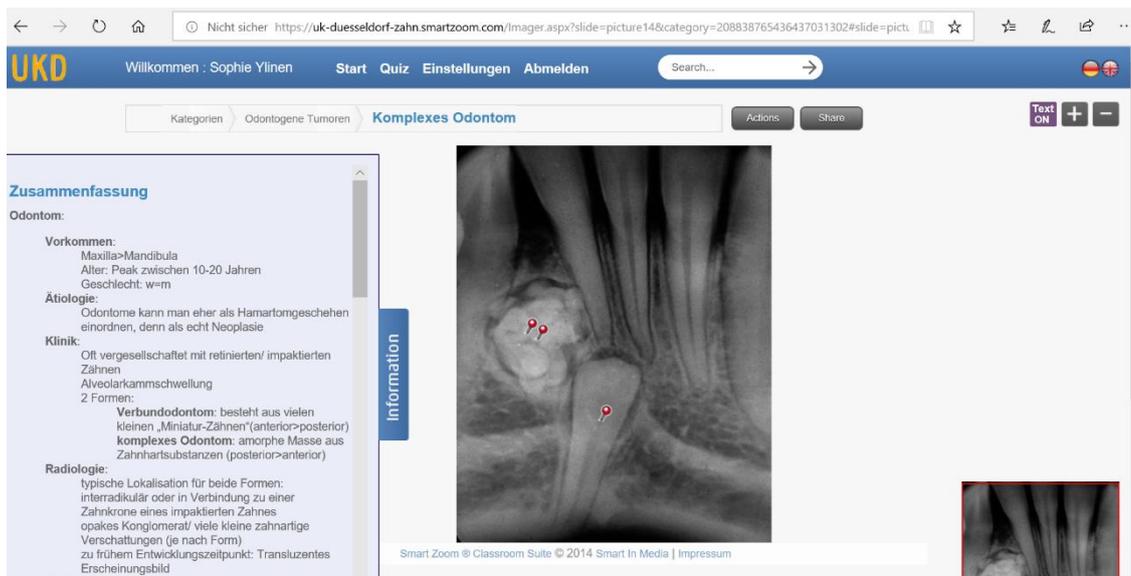


Abb. 3: Zusammenfassung eines Themas im E-Atlas
 Durch Mausklick auf „Information“ eröffnet sich den Nutzern eine Zusammenfassung relevanter Themen des jeweiligen Bildes.

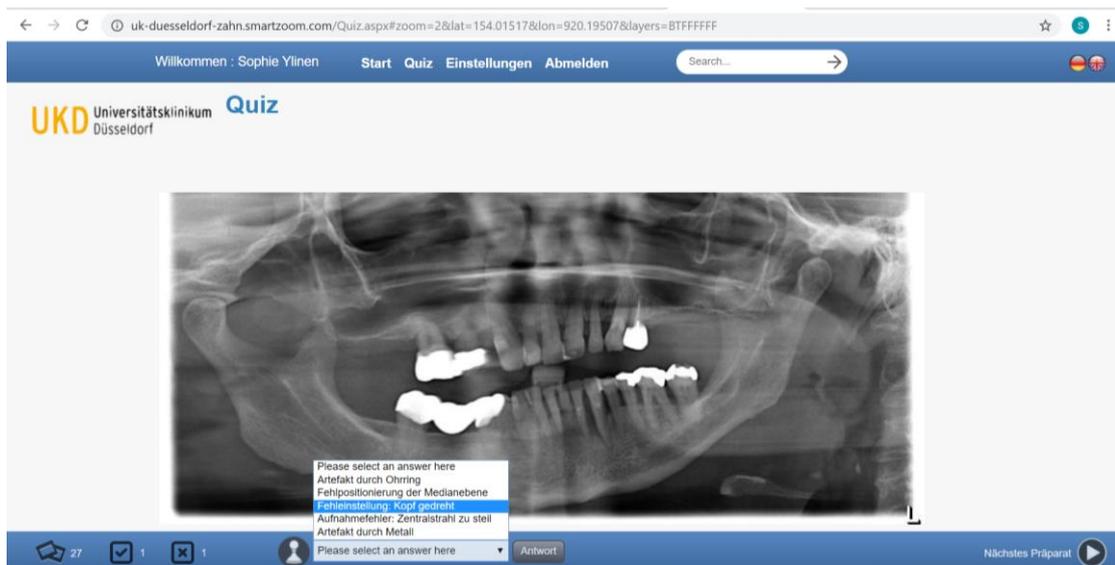


Abb. 4: Quiz-Funktion des E-Atlas
 Im Quizmodus können Studierende ihr Wissen testen.

2.1.4 Ergänzende Histopathologien

Seit dem Sommersemester 2017 stehen den Nutzern zu einigen Erkrankungen auch histopathologische Präparate mit virtuellem Mikroskop zur Verfügung (Abb. 5), um Verständnis dafür zu entwickeln, warum sich verschiedene

Pathologien in Röntgenbildern in einer bestimmten, charakteristischen Art darstellen. Durch diese Art des interdisziplinären Lernens soll das Verstehen des jeweiligen Erkrankungsbildes geschärft werden. Die histopathologischen Präparate wurden durch Kooperationspartner an der Universität Göttingen und der Universität Bonn bereitgestellt, welche in ihrem Unterricht dasselbe Framework nutzen. Seit dem Wintersemester 2018/19 können die Präparate des Kurses „Pathologie für Zahnmediziner“ auch an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf eingesehen werden.



Abb. 5: Histopathologische Präparate im E-Atlas

Auf der CONRAD-Plattform stehen seit dem Sommersemester 2017 für Studierende auch histopathologische Präparate zur Verfügung.

2.2 Leistungsüberprüfung über ILIAS-E-Klausuren

Die im Laufe des Semesters erfolgte Kompetenzentwicklung wurde über E-Klausuren auf der Open Source *E-Learning*-Plattform ILIAS (ILIAS = Integriertes Lern-, Informations- und Arbeitskooperations-System) ermittelt. Die Klausuren fanden im Wintersemester 2016/17 und Sommersemester 2017 statt. Die im Wintersemester 2016/17 abgehaltenen Klausuren waren Teil der Pilotphase und dienten zur Validierung der E-Klausurfragen für die anschließende Testphase im Sommersemester 2017.

Die Schwierigkeitsniveaus der Klausuren und Frageninhalte wurden an das jeweilige Semester angepasst.

Nach der Teilnahme an der Eingangsklausur im Wintersemester 2016/17 hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, die Plattform zu Lernzwecken zu nutzen.

2.2.1 Itemanalyse der E-Klausurfragen

Alle E-Klausurfragen wurden über eine Itemanalyse validiert, im Rahmen derer Trennschärfe und Item-Schwierigkeit bestimmt wurden. Ab dem Sommersemester 2017 wurden ausgehend von den in den vorangegangenen Klausuren ermittelten Item-Schwierigkeiten und Trennschärfen neue Klausuren erstellt. Ab der ersten Testphase waren nur noch Klausurfragen inkludiert, die eine Trennschärfe von $\geq 0,25$ aufwiesen. Um den Schwierigkeitsgrad der Klausuren zu standardisieren, wurden die Klausurfragen verschiedener Item-Schwierigkeiten nach dem Schema aus Tabelle 1 für die E-Klausuren zusammengestellt.

Item-Schwierigkeiten	Anteil der gesamten Fragen (%)
0,85 - 1	15
0,65 - 0,849	49
0,45 - 0,649	25
0,25 - 0,449	10
0 - 0,249	1

Tabelle 1: Verteilung der verschiedenen Item-Schwierigkeiten in den E-Klausuren

2.2.2 Fragetypen

Die E-Klausuren beinhalteten folgende Fragetypen: *Single Choice*, *Multiple Choice*, Zuordnungsfragen (Abb. 6), *Hotspot/Imagemap* (Abb. 7), Lückentextfragen, Fehler/Wort markieren und Begriffe benennen.

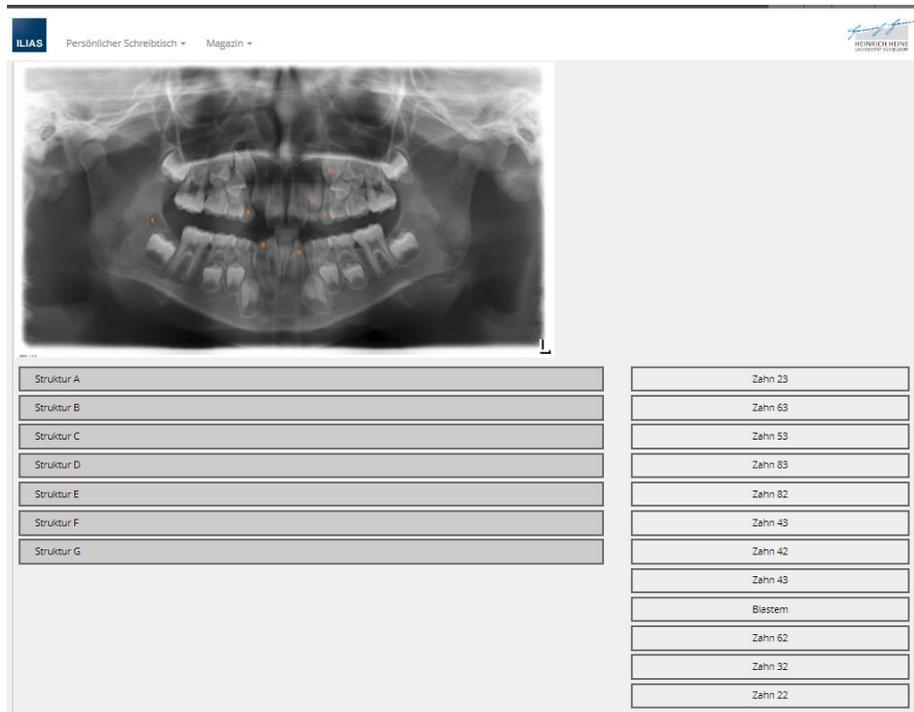


Abb. 6: ILIAS-Zuordnungsfrage

Studierende müssen Zähne im Röntgenbild korrekt zuordnen.



Abb. 7: Hotspot/Imagemap-Frage in ILIAS

Die richtige Struktur (hier Nasion) im Bild muss angeklickt werden. Die Punktezahl ist von der Treffsicherheit abhängig.

2.3 Durchführung der E-Klausuren

An den E-Klausuren nahmen Zahnmedizinstudierende aus dem siebten, achten und neunten Semester der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf teil. Die Durchführung der E-Klausuren erfolgte im Zentrum für Informations- und Medientechnologie (ZIM) der Universität. Die Teilnehmenden konnten den Prüfungscomputer nur im sogenannten Kioskmodus verwenden, in dem der Internetzugang blockiert und die Informationssuche im Internet somit nicht möglich war. Um Täuschungsversuche zu verhindern, wurde die Fragenreihenfolge pro Teilnehmer randomisiert. Die Bearbeitungszeit der Klausuren war auf 60 Minuten begrenzt. Innerhalb dieser Zeit konnten die Klausurfragen bei Bedarf zurückgestellt und die Antworten abgeändert werden. Nach Ablauf der 60-minütigen Bearbeitungszeit war eine Modifikation der Antworten nicht mehr möglich.

Die Probanden mussten ihre persönlichen Gegenstände an einem gesonderten Ort im Prüfungsraum ablegen, um so die Verwendung von Hilfsmitteln auszuschließen. Nur der Studierenden- bzw. Personalausweis durfte während der Klausur auf dem Tisch liegen. Alle Probanden mussten sich zu Beginn der Klausur mit ihrer persönlichen ILIAS-Kennung einloggen. Dabei erschien der Name des Teilnehmers auf dem Bildschirm und die Aufsichtspersonen konnten während der Klausur die Identität der Klausurteilnehmenden überprüfen.

2.3.1 Eingangsklausur im Wintersemester 2016/17

Im Rahmen der Eingangsklausur des Wintersemesters 2016/17 waren pro Klausur 60 Minuten veranschlagt. Die Anzahl der Klausurfragen war auf die jeweiligen Semester folgendermaßen verteilt:

- Auscultando: 55 Fragen
- Practicando I: 41 Fragen
- Practicando II: 37 Fragen

Für jede Klausurfrage war in der ILIAS-Klausurinstanz eine geschätzte Bearbeitungszeit eingespeichert. Die Zusammenstellung der Fragen erfolgte so, dass sich pro Klausur insgesamt eine Bearbeitungszeit von 60 Minuten ergab. Aus diesem Grund kam es zu einer unterschiedlichen Anzahl an Fragen pro Kurs.

2.3.2 Abschlussklausur im Wintersemester 2016/17

Auch für die Abschlussklausur des Wintersemesters 2016/17 wurden 60 Minuten für die Bearbeitung der Fragen veranschlagt. Da die Studierenden in der Eingangsklausur jedoch weniger als die geschätzte Bearbeitungszeit zur Beantwortung der Fragen benötigt hatten, wurde die Anzahl der Fragen erhöht. Gleichzeitig wurden aus diesem Grund auch die Bearbeitungszeiten pro Frage modifiziert. Dabei verteilten sich die Klausurfragen in den jeweiligen Probandengruppen folgendermaßen:

- Auscultando: 61 Fragen
- Practicando I: 64 Fragen
- Practicando II: 64 Fragen

Die Abschlussklausur enthielt sowohl Fragen, die sich bei der Eingangsklausur durch eine ausreichende Trennschärfe ($\geq 0,25$) ausgezeichnet hatten, als auch neue Fragen, die noch validiert werden mussten. Fragen, die bei der Eingangsklausur eine niedrigere Trennschärfe aufwiesen, wurden aus dem Fragenpool entfernt oder modifiziert.

2.3.3 Eingangsklausur im Sommersemester 2017

Die Dauer der Eingangsklausuren im Sommersemester 2017 war auf jeweils 60 Minuten festgelegt. Die Fragenanzahl für dieses Semester wurde herabgesetzt, um den Studierenden genügend Zeit zur Beantwortung der Klausurfragen zu geben und Antworten, die aufgrund von Zeitnot nach dem Zufallsprinzip gewählt wurden, zu verhindern. Die Anzahl der Klausurfragen der einzelnen Probandengruppen verteilte sich wie folgt:

- Auscultando: 35 Fragen
- Practicando I: 35 Fragen
- Practicando II: 35 Fragen

Für die erste Testphase erwies sich diese Fragenanzahl als optimal. Die Studierenden hatten genügend Zeit, alle Fragen zu beantworten, ohne stressbedingte Flüchtigkeitsfehler zu machen oder Antworten nach dem Zufallsprinzip zu wählen.

2.3.4 Abschlussklausur im Sommersemester 2017

Die Abschlussklausur im Sommersemester 2017 dauerte gleich wie die Eingangsklausur 60 Minuten und enthielt die gleiche Anzahl an Fragen wie diese.

2.4 Fragebögen

Zu Beginn des Wintersemesters 2016/17 füllten die Teilnehmenden an der Studie zwei Fragebögen in Papierform aus: einen zur Teilnahme an den bereits absolvierten Kursen (Anhang 1), um den Probanden sicher in das korrekte Semester einordnen zu können. In einem weiteren Fragebogen mussten sie Fragen zu ihrer Einstellung digitalen Medien gegenüber ausfüllen (Anhang 3).

Am Ende des Wintersemesters 2016/17 hatten die Studierenden drei Fragebögen auszufüllen. Neben den beiden vorher genannten Fragebögen mussten sie in einem dritten Fragebogen den Online-Atlas CONRAD evaluieren (Anhang 2).

Zu Beginn und Ende des Sommersemesters 2017 wurden anstelle von Fragebögen in Papierform elektronische Umfragen auf der ILIAS-Plattform durchgeführt, in denen ebenfalls die bis dahin absolvierten Kurse, die Einstellung zu digitalen Medien und die Zufriedenheit mit dem Online-Atlas evaluiert wurden. Die Fragen wurden unverändert aus dem Wintersemester 2016/17 übernommen.

Die Fragebögen bzw. elektronischen Umfragen wurden unmittelbar nach den E-Klausuren von den Studierenden bearbeitet. Dabei gab es keine zeitlichen Begrenzungen. Die Fragen bestanden aus einer Kombination negativer und positiver Fragestellungen. Folgende Antwortalternativen waren möglich: „Ich stimme voll und ganz zu“, „Ich stimme eher zu“, „Ich stimme nicht zu“, „Ich stimme eher nicht zu“, „Ich stimme gar nicht zu“ oder „keine Angabe“.

Da die Umfragen der Pilotphase in Papierform durchgeführt wurden, mussten sie im Anschluss in einer elektronischen Datei eingetragen werden. Die verschiedenen Antwortaussagen („Ich stimme voll und ganz zu“ usw.) mussten in Scores umgewandelt werden, um die Ergebnisse danach in Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) weiter bearbeiten zu können. Dieser Schritt entfiel ab dem Sommersemester 2017, da die Umfragen in der ersten Testphase bereits ausschließlich elektronisch durchgeführt worden waren.

2.5 Teilnehmende der Studie

Probanden dieser Studie waren Zahnmedizinstudierende, die zum Zeitpunkt der Untersuchung die Kurse Auscultando, Practicando I oder Practicando II belegten. In Regelstudienzeit wird der Kurs Auscultando für das siebte Semester, Practicando I für das achte Semester und Practicando II für das neunte Semester angeboten. In der Pilotphase im Wintersemester 2016/17 war die Teilnahme an der E-Klausur nicht verpflichtend. Allerdings wurde die Teilnahme als Übung empfohlen, denn im Sommersemester 2017 war die E-Klausur als Teil der Kursordnung für die Studierenden verpflichtend.

Im Kurs Auscultando war lediglich die Teilnahme an der Eingangs- und Abschlussklausur obligatorisch. Diese waren jedoch nicht bestehenspflichtig.

In den Kursen Practicando I und II war die Teilnahme an der Eingangs- und Abschlussklausur obligatorisch. Dabei war allerdings nur die Abschlussklausur bestehenspflichtig. Wenn die Teilnehmenden aber in der Eingangsklausur die 60 %-Grenze an richtigen Antworten erreichten, bekamen sie einen Bonus von

5 % auf die Abschlussklausur gutgeschrieben. In der Abschlussklausur war das Erreichen der Bestehensgrenze von 60 % (bzw. 55 % bei erfolgreicher Eingangsklausur) unter anderem Bedingung für die erfolgreiche Absolvierung des Kurses.

Zur Auswertung der E-Klausur-Ergebnisse für Studienzwecke bedurfte es der schriftlichen Einwilligung der Studierenden. Diese Einwilligung wurde von allen Probanden erteilt. Sowohl in der freiwilligen Pilotphase als auch in der ersten Testphase konnten alle Studienteilnehmenden bei der Auswertung berücksichtigt werden.

2.5.1 Teilnehmende im Wintersemester 2016/17

An der **Eingangsklausur** des **Wintersemesters 2016/17** nahmen insgesamt 64 Probanden teil. In den einzelnen Semesterkursen ergab sich die folgende Geschlechterverteilung:

- Auscultando: 28 Teilnehmende (19 weiblich, 9 männlich)
- Practicando I: 9 Teilnehmende (4 weiblich, 5 männlich)
- Practicando II: 27 Teilnehmende (22 weiblich, 5 männlich)

Die Zahl der Teilnehmenden an der **Abschlussklausur** im **Wintersemester 2016/17** betrug insgesamt 73. In den einzelnen Semestern ergab sich die folgende Geschlechterverteilung:

- Auscultando: 26 Teilnehmende (16 weiblich, 10 männlich)
- Practicando I: 15 Teilnehmende (8 weiblich, 7 männlich)
- Practicando II: 32 Teilnehmende (28 weiblich, 4 männlich)

2.5.2 Teilnehmende im Sommersemester 2017

An der **Eingangsklausur** im **Sommersemester 2017** nahmen insgesamt 62 Studierende teil. Dabei ergab sich in den einzelnen Semestern die folgende Geschlechterverteilung:

- Auscultando: 17 Teilnehmende (14 weiblich, 3 männlich)
- Practicando I: 31 Teilnehmende (20 weiblich, 11 männlich)
- Practicando II: 14 Teilnehmende (8 weiblich, 6 männlich)

Die Gruppe der Teilnehmenden an der **Abschlussklausur** im **Sommersemester 2017** umfasste insgesamt 63 Personen. In den einzelnen Semestern ergab sich die folgende Geschlechterverteilung:

- Auscultando: 17 Teilnehmende (14 weiblich, 3 männlich)
- Practicando I: 31 Teilnehmende (21 weiblich, 10 männlich)
- Practicando II: 15 Teilnehmende (8 weiblich, 7 männlich)

2.6 Studienaufbau

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine prospektive longitudinale Kohortenstudie. Abbildung 8 zeigt den zeitlichen Ablauf dieses Projektes. Die medizinische Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf erteilte am 18.08.2016 das Ethikvotum (Aktenzeichen 5596). Die Lernplattform wurde den Studierenden nach der Eingangsklausur im Wintersemester 2016/17 kostenlos, zeit- und ortsunabhängig zur Verfügung gestellt (siehe Abb. 8, Zeitpunkt T1). Zugang zum E-Atlas und zur ILIAS-Plattform erhielten ausschließlich Studierende der Heinrich-Heine-Universität, da die Inhalte des Röntgenatlas auf der SmartZoom®-Plattform nur nach Registrierung mit einer @uni-duesseldorf.de oder @med.uni-duesseldorf.de-Adresse angezeigt werden konnten. Die Nutzungsaktivität der Studierenden wurde mit Google Analytics (Google LLC, Mountain View, Kalifornien, USA) auf der Plattform aufgezeichnet (Abb. 9) und konnte im Administratorenbereich des Online-Atlas abgerufen werden. Die Nutzungsaktivität wurde als maximale Anzahl an Klicks pro Tag, wie in Abbildung 9 veranschaulicht, verzeichnet.

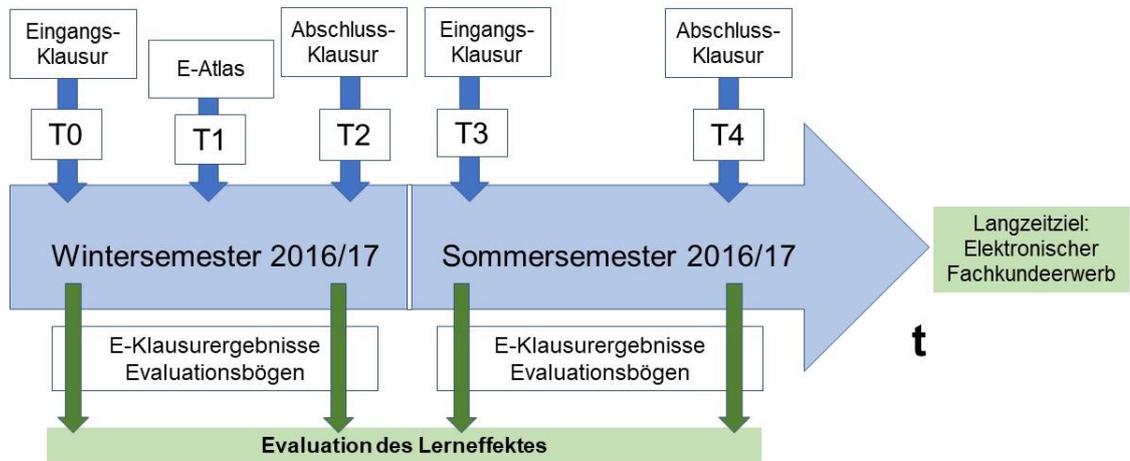


Abb. 8: Zeitlicher Ablauf der Studie

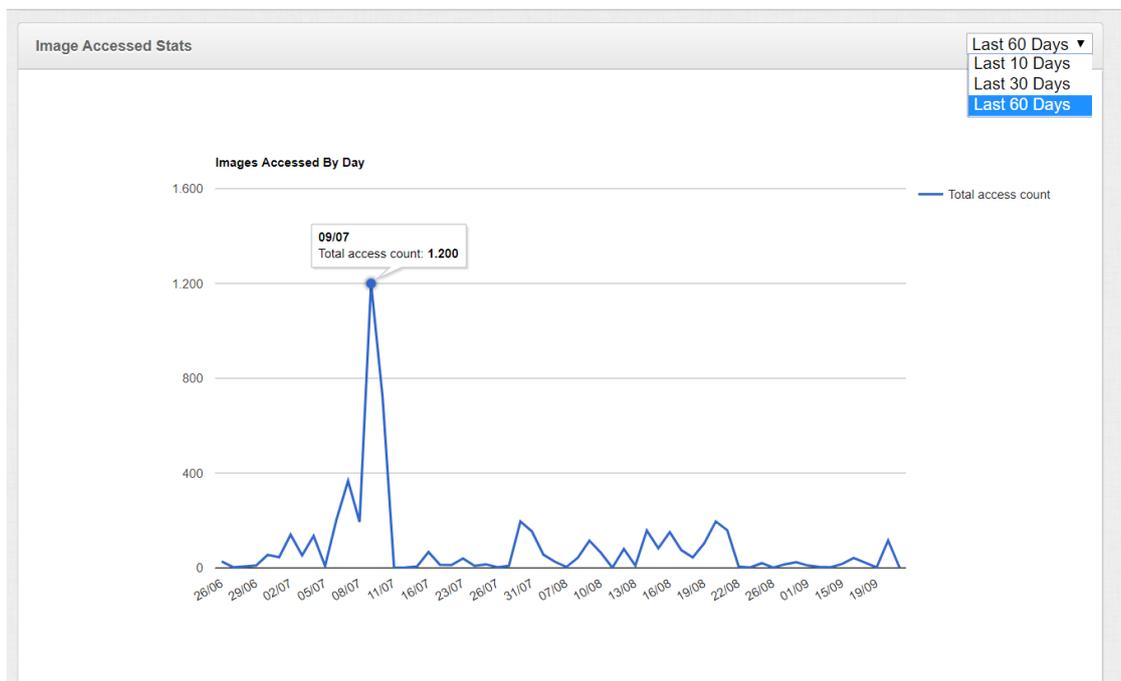


Abb. 9: Aufzeichnung der täglichen Klicks auf der E-Plattform
 Beispiel für die Aufzeichnung der Klicks durch Google Analytics im
 Administratorenbereich des Online-Atlas CONRAD

2.7 Statistik

Alle benutzten Klausurfragen wurden über eine Itemanalyse validiert, indem ihre Trennschärfe und Item-Schwierigkeit bestimmt wurde. Für die Gesamtklausuren wurden Reliabilitäten bestimmt, um die Verlässlichkeit der Klausuren für die Wissensüberprüfung zu messen.

Für die statistische Auswertung wurden die Open Source-Software *R* (13) und das Psych-Paket (14) herangezogen.

Falls eine Normalverteilung der Daten vorlag, wurden die Eingangs- und Abschlussklausuren mittels *paired t*-Test verglichen. Anderenfalls wurde der *Wilcoxon signed-rank test* verwendet mit Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$.

Für die Itemanalyse der einzelnen Klausurfragen wurden die Trennschärpen und Item-Schwierigkeiten mithilfe des Psych-Pakets (14) mit dem einseitigen t-Test berechnet.

3 Ergebnisse

Wie in Kapitel 2 Material und Methoden dargestellt, wurden im Rahmen dieser Dissertation der Lernerfolg und das Lernverhalten der Studierenden im WS 2016/17 (Pilotversion) und im SS 2017 (erste Testversion) vor und nach Nutzung der CONRAD-Plattform evaluiert.

Bei der Ergebnisauswertung standen die Lernerfolge bei den E-Klausuren, Nutzungsstatistiken der Plattform, Probandenzahlen sowie die Ergebnisse der Fragebögen im Mittelpunkt der Untersuchung. Die folgenden Unterkapitel stellen eine detaillierte Übersicht der Ergebnisse in den einzelnen Untersuchungsbereichen dar.

3.1 Ergebnisse der E-Klausuren

Die Auswertung der E-Klausuren hatte zum Ziel, den Lernerfolg nach Nutzung des hier untersuchten Lernmediums zu analysieren. Um die Zuverlässigkeit der in dieser Studie gestellten E-Klausuren für die Messung des Lernerfolgs zu verifizieren, wurde die Reliabilität zur genaueren Beschreibung der Ergebnisse der E-Klausuren ermittelt.

Zur Überprüfung der Eignung der genutzten E-Klausurfragen wurde eine Itemanalyse durchgeführt. Dabei wurden sowohl die Trennschärfe als auch die Item-Schwierigkeit jedes einzelnen *Items* geprüft.

Hinsichtlich dieser Merkmale stellt Unterkapitel 3.1.1 die Ergebnisse des Wintersemesters 2016/17 und Kapitel 3.1.2 die des Sommersemesters 2017 vor.

3.1.1 Ergebnisse Wintersemester 2016/17

Lernerfolg bei den E-Klausuren

In der Abschlussklausur des Wintersemesters 2016/17 schnitten die Studierenden besser ab als in der Eingangsklausur. Trotz des besseren Lernerfolgs waren diese Unterschiede nicht signifikant (*paired t-Test*, $p \geq 0,05$) (Abb 10).

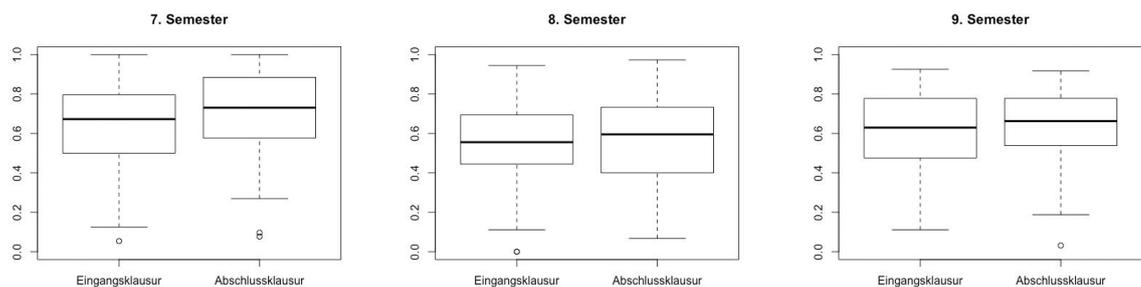


Abb. 10: Darstellung der Ergebnisse im WS 2016/17 mittels Boxplots

Ergebnisse der E-Klausuren in der Pilotphase im Wintersemester 2016/17. Die Unterschiede in den Eingangs- und Abschlussklausuren waren in allen Semestern nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

Reliabilitäten

Die Reliabilitäten der Klausuren aller drei Semestern verbesserten sich von der Eingangs- zur Abschlussklausur (Abb. 11, 12 und 13).

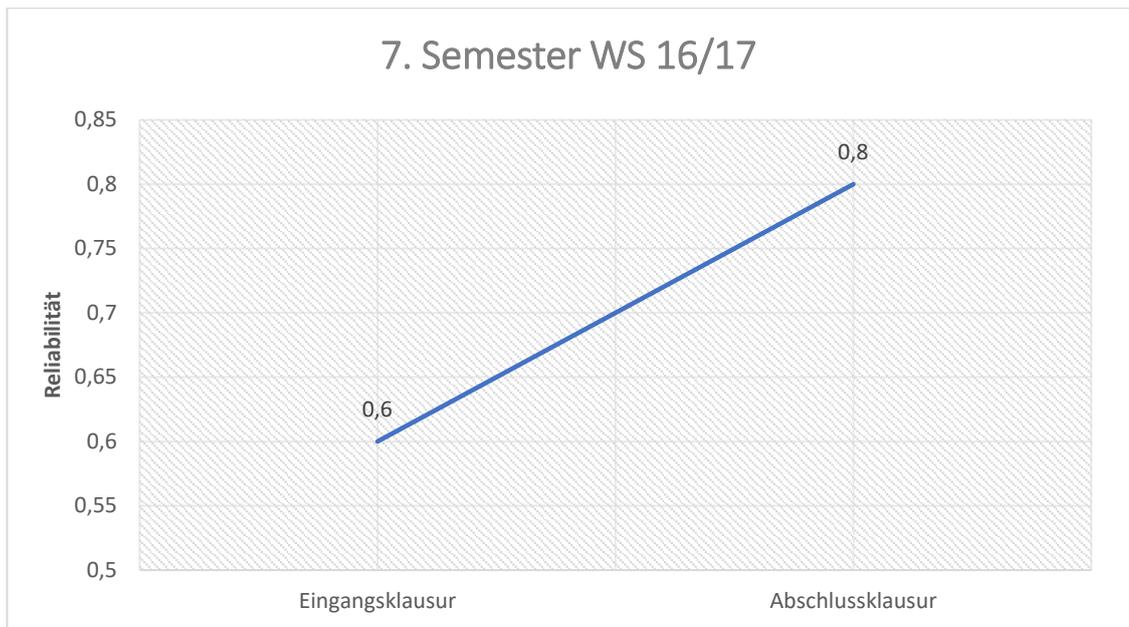


Abb. 11: Darstellung der Reliabilitäten im 7. Semester im WS 2016/17
 Im Wintersemester 2016/17 verbesserten sich die Reliabilitäten der Eingangs- und Abschlussklausuren im 7. Semester von 0,6 auf 0,8.

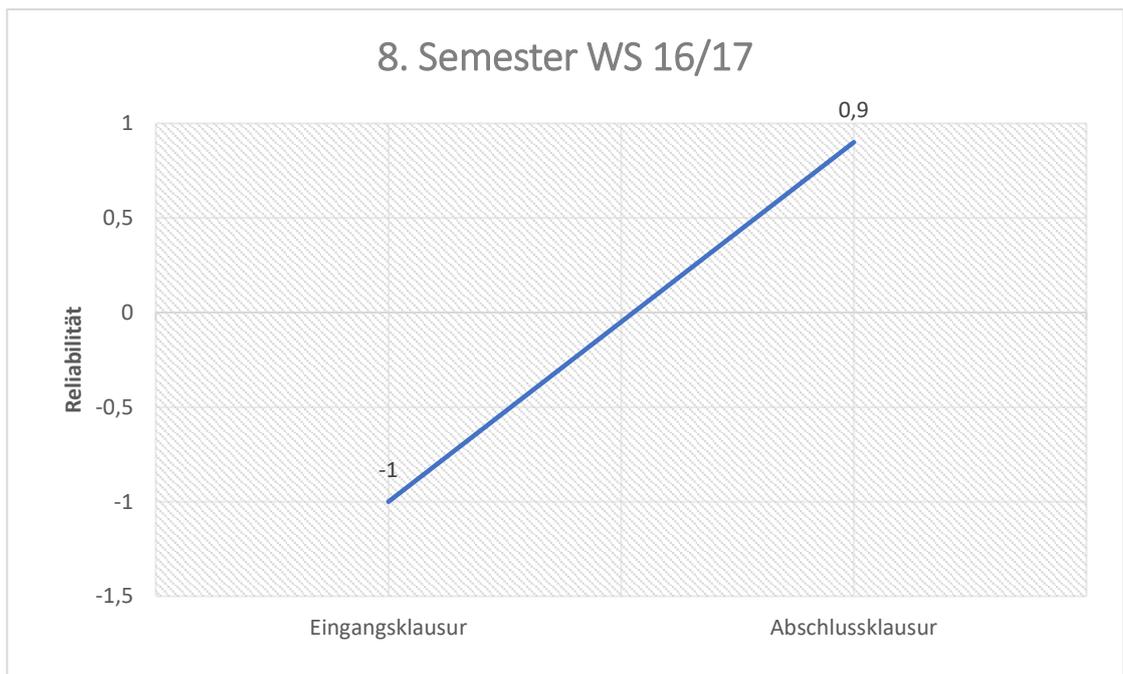


Abb. 12: Darstellung der Reliabilitäten im 8. Semester im WS 2016/17
 Im Wintersemester 2016/17 verbesserten sich die Reliabilitäten der Eingangs- und Abschlussklausuren im 8. Semester von -1 auf 0,9.

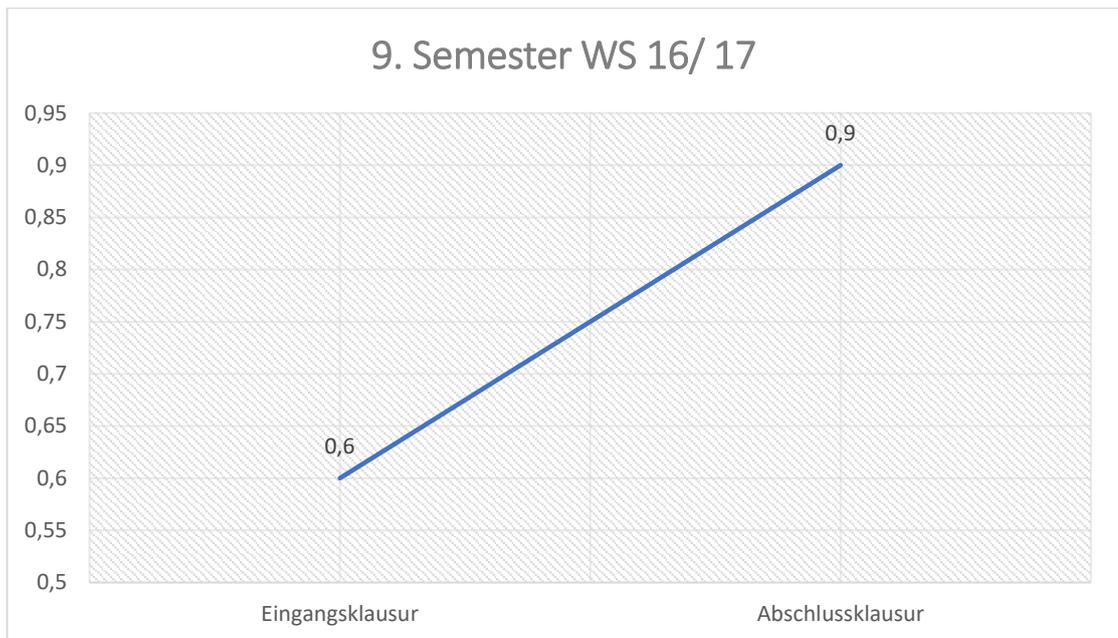


Abb. 13: Darstellung der Reliabilitäten im 9. Semester im WS 2016/17

Im Wintersemester 2016/17 verbesserten sich die Reliabilitäten der Eingangs- und Abschlussklausuren im 9. Semester von 0,6 auf 0,9.

Item-Schwierigkeiten

Die Item-Schwierigkeiten ($MW \pm STD$) veränderten sich, wie auch erwartet, bei den Eingangs- und Abschlussklausuren nur wenig oder gar nicht. Tabelle 2 zeigt die Veränderung dieser Werte.

WS 16/17	Eingangsklausur Item-Schwierigkeiten	Abschlussklausur Item-Schwierigkeiten
7. Semester	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,2
8. Semester	0,5 ± 0,3	0,6 ± 0,2
9. Semester	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,2

Tabelle 2: Überblick über die Item-Schwierigkeiten ($MW \pm STD$) im WS 2016/17

Trennschärfen

Die Trennschärfen (MW \pm STD) verbesserten sich von der Eingangs- zur Abschlussklausur. Tabelle 3 zeigt die Veränderung der Werte.

WS 16/17	Eingangsklausur Trennschärfen	Abschlussklausur Trennschärfen
7. Semester	0,2 \pm 0,2	0,3 \pm 0,2
8. Semester	0,1 \pm 0,3	0,4 \pm 0,3
9. Semester	0,3 \pm 0,2	0,4 \pm 0,2

Tabelle 3: Überblick über die Trennschärfen (MW \pm STD) im WS 2016/17

3.1.2 Ergebnisse Sommersemester 2017

Lernerfolg in den E-Klausuren

Während in der Pilotphase im Wintersemester 2016/17 die Ergebnisse der Abschlussklausur in allen Semestern nur marginal besser waren als in der Eingangsklausur, zeigte sich im Sommersemester 2017 eine signifikante Verbesserung bei den Abschlussklausuren im siebten und neunten Semester (*paired t-Test*, $p < 0.001$). Die Leistungsverbesserung im 8. Semester war hingegen nicht signifikant ($p = 0.047$) (Abb. 14).

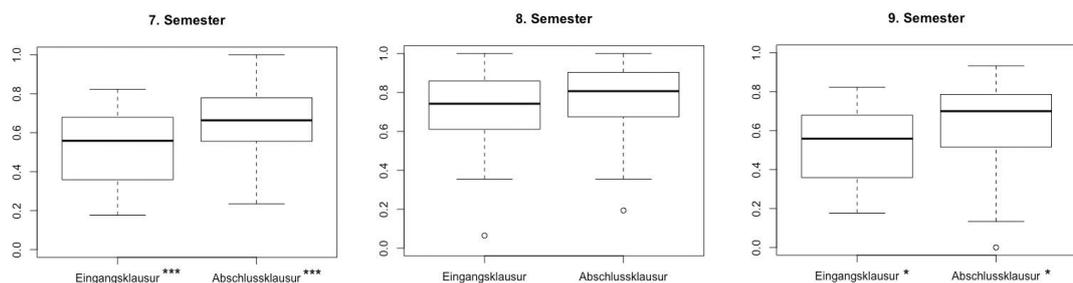


Abb. 14: Darstellung der Ergebnisse im SS 2017 mittels Boxplots

Ergebnisse der E-Klausuren im Sommersemester 2017. Im siebten und neunten Semester zeigten sich signifikante Leistungsverbesserungen (*paired t-Test*, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

Reliabilitäten

Die Reliabilitäten der E-Klausuren im Sommersemester 2017 sind in den Abbildungen 15, 16 und 17 dargestellt.

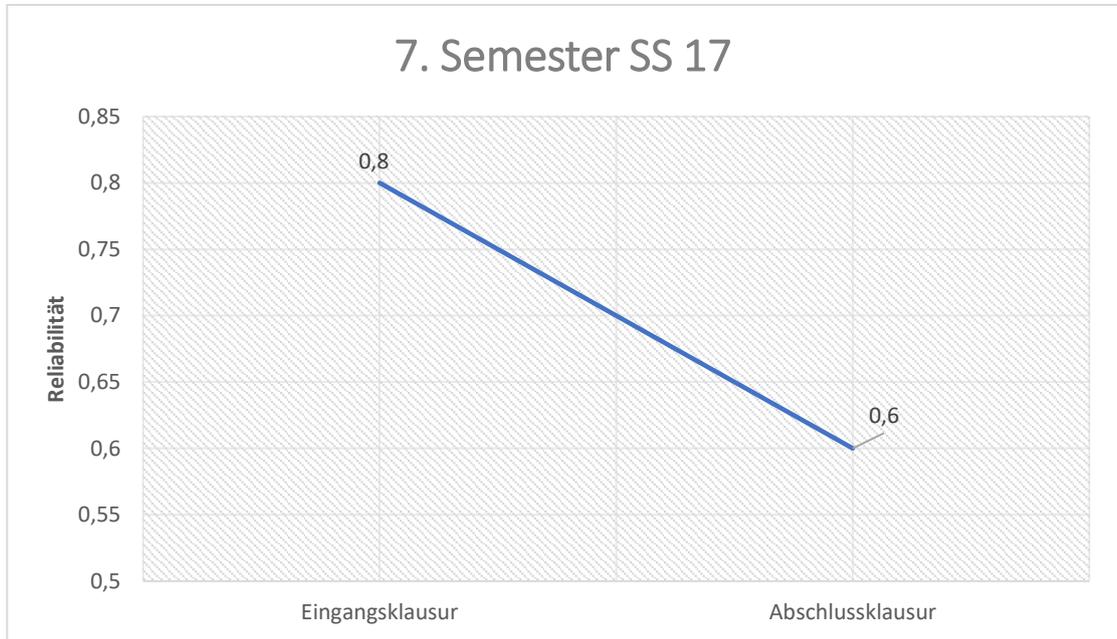


Abb. 15: Darstellung der Reliabilitäten im 7. Semester im SS 2017

Im Sommersemester 2017 veränderten sich die Reliabilitäten der Eingangs- und Abschlussklausuren im 7. Semester von 0,8 auf 0,6.

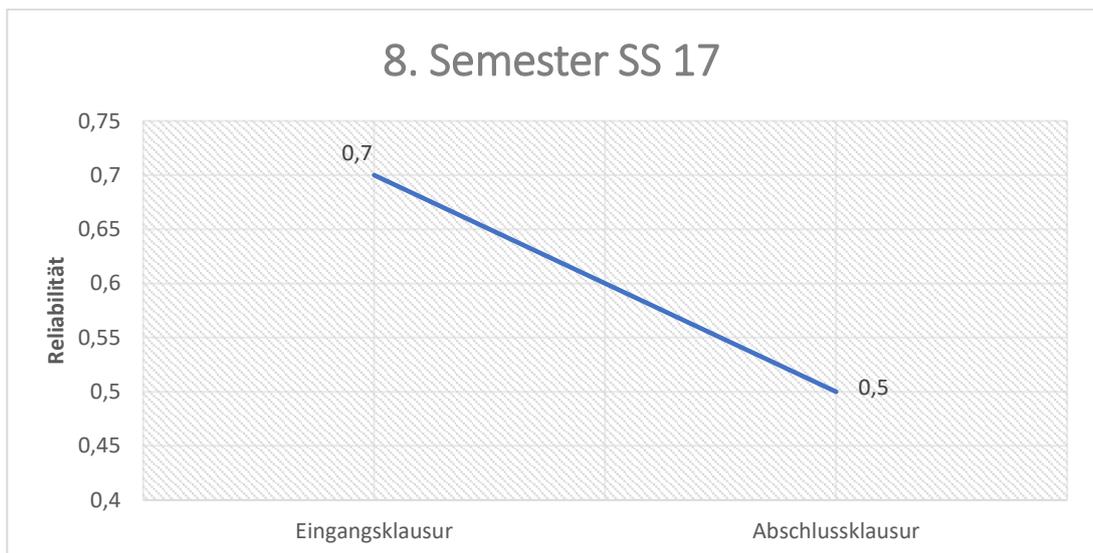


Abb. 16: Darstellung der Reliabilitäten im 8. Semester im SS 2017

Im Sommersemester 2017 veränderten sich die Reliabilitäten der Eingangs- und Abschlussklausuren im 8. Semester von 0,7 auf 0,5.

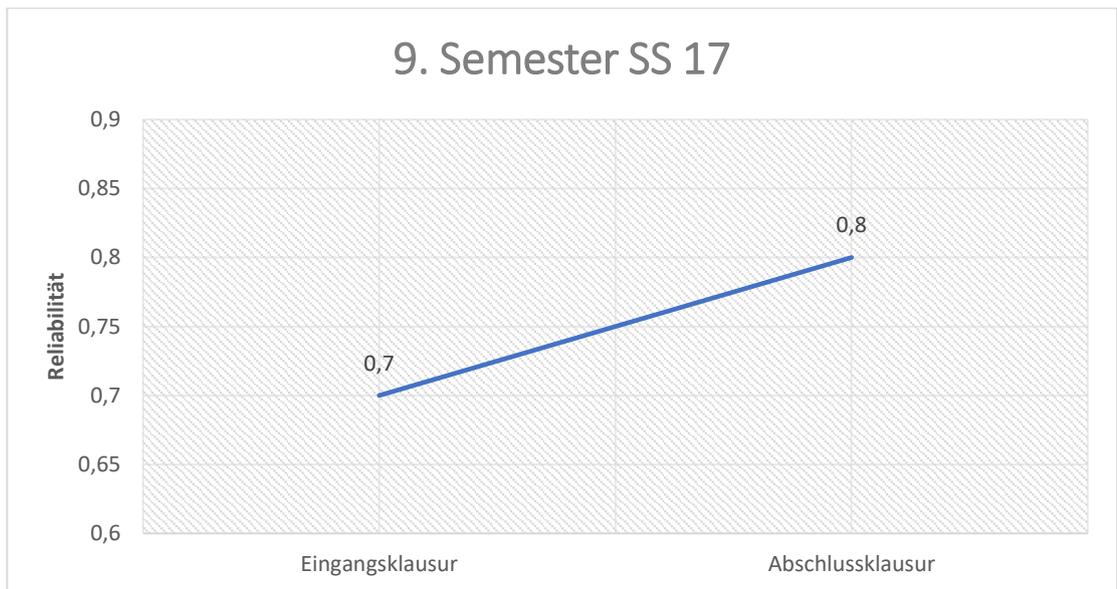


Abb. 17: Darstellung der Reliabilitäten im 9. Semester im Sommersemester 2017
 Im Sommersemester 2017 verbesserten sich die Reliabilitäten der Eingangs- und Abschlussklausuren im 9. Semester von 0,7 auf 0,8.

Item-Schwierigkeiten

Die Werte der Item-Schwierigkeiten ($MW \pm STD$) der Eingangs- und Abschlussklausuren waren annähernd gleich (Tabelle 4).

SS 17	Eingangsklausur Item-Schwierigkeiten	Abschlussklausur Item-Schwierigkeiten
7. Semester	$0,5 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,2$
8. Semester	$0,7 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,2$
9. Semester	$0,6 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,2$

Tabelle 4: Überblick über die Item-Schwierigkeiten ($MW \pm STD$) im SS 2017

Trennschärfen

Die Trennschärfen ($MW \pm STD$) der Abschlussklausurfragen hatten sowohl bei der Eingangs- als auch Abschlussklausur eine Mindest-Trennschärfe von 0,25. (Tabelle 5).

SS 17	Eingangsklausur Trennschärfen	Abschlussklausur Trennschärfen
7. Semester	0,4 ± 0,2	0,3 ± 0,2
8. Semester	0,4 ± 0,2	0,3 ± 0,2
9. Semester	0,4 ± 0,3	0,4 ± 0,3

Tabelle 5: Überblick über die Trennschärfen (MW ± STD) im SS 2017

3.2 Analyse der Plattformnutzung

Die Nutzung der E-Atlas-Inhalte auf der SmartZoom®-Plattform wurde mittels Google Analytics untersucht. Dabei wurde die Aktivität der Nutzer sowie Anzahl der Klicks pro Bild ermittelt.

Die Aufzeichnung der Zahl der aktiven Nutzer im Zeitraum vom Oktober 2016 bis Juli 2017 (Abb. 18) zeigte, dass der Atlas in der Pilotphase hauptsächlich zum Zweck der Klausurvorbereitung genutzt wurde. Dies ist an den *Peaks* bei den Nutzerzahlen in der Zeit unmittelbar vor der Abschlussklausur der Pilotphase im Februar 2017 erkennbar.

Im Sommersemester 2017 war nur noch vor der Eingangsklausur im April 2017 ein eindeutiger *Peak* zu erkennen. Danach erstreckte sich die Atlasbenutzung regelmäßig über das ganze Semester, ohne bemerkenswerten *Peak* vor der Abschlussklausur im Juli 2017. Dies deutet auf eine kontinuierliche Nutzung und erfolgreiche Integration des Atlas während des gesamten Lernprozesses hin.



Abb. 18: Nutzeraktivität auf der CONRAD-Plattform

Im Gegensatz zu den Nutzerpeaks vor den E-Klausuren im WS 2016/17 wurde der Atlas im SS 2017 über das ganze Semester gleichmäßig verteilt benutzt.

3.3 Probanden

Im Rahmen dieser Studie kam es in keiner Phase zur Exklusion von Probanden. Da die Teilnahme an den E-Klausuren im Wintersemester 2016/17 auf freiwilliger Basis erfolgte, waren die Teilnehmerzahlen bei der Eingangs- und Abschlussklausur unterschiedlich groß.

Während im Wintersemester 2016/17 an der Eingangsklausur 64 Studierende teilnahmen, betrug die Zahl bei der Abschlussklausur 82. Diese Unterschiede waren jedoch von geringer Relevanz, da die Pilotphase in erster Linie zur Validierung der Klausurfragen diente.

Im Sommersemester 2017 waren die Teilnehmerzahlen bei der Eingangs- und Abschlussklausur annähernd gleich: An der Eingangsklausur nahmen 62, an der Abschlussklausur 63 Studierende teil.

3.4 Ergebnisse der Fragebögen

Im Folgenden werden die Analyseergebnisse der Fragebögen dargestellt. Wintersemester 2016/17 und Sommersemester 2017 werden, wie in Kapitel 3.3. in getrennten Unterkapiteln behandelt.

3.4.1 Fragebögen im Wintersemester 2016/17

Im WS 2016/17 mussten die Studierenden aus allen drei Semestern im Anschluss an die E-Klausur einen Fragebogen zu ihrer Einstellung hinsichtlich digitaler Medien ausfüllen.

Die Abbildungen 19 und 20 zeigen die Fragebogen-Ergebnisse aller drei Semester zur Einstellung digitalen Medien gegenüber. Abbildung 21 zeigt die Umfrageergebnisse zur Evaluation des Online-Atlas im WS 2016/17.

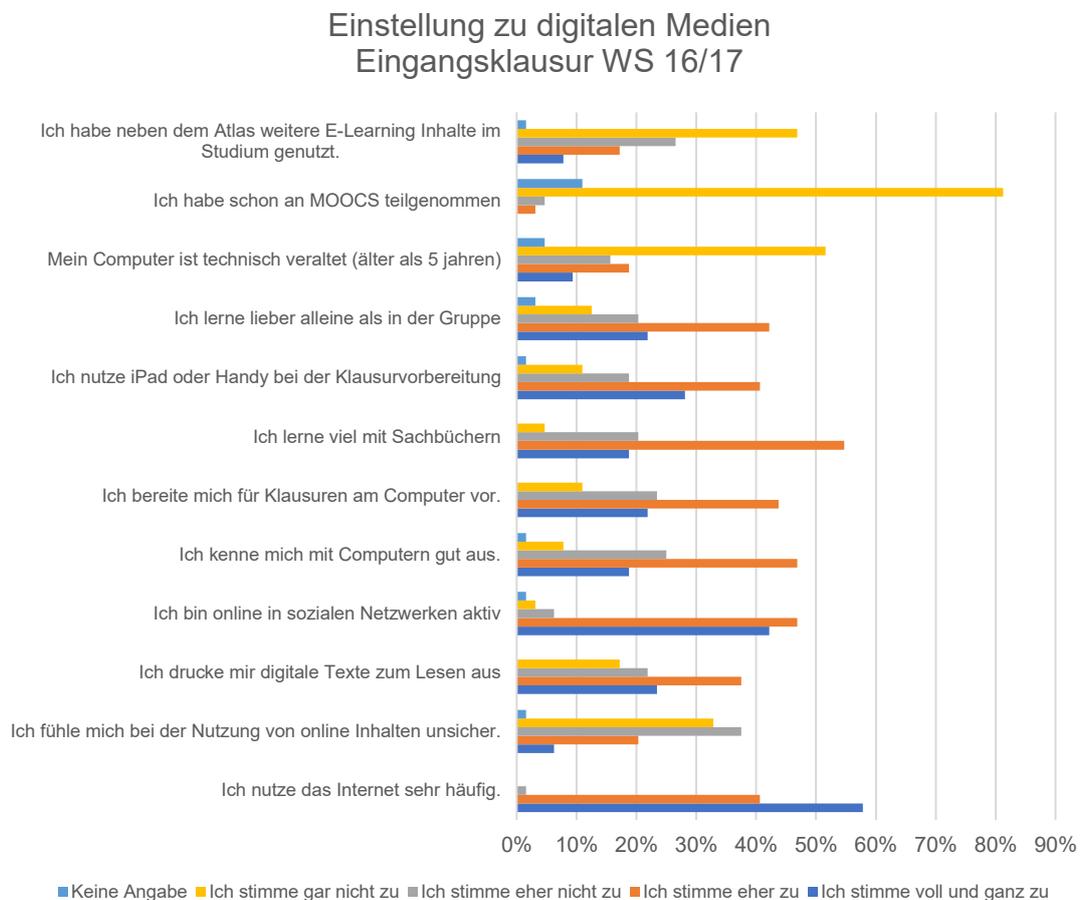


Abb. 19: Umfrageergebnisse zur Einstellung zu digitalen Medien im Rahmen der Eingangsklausur im WS 2016/17 (alle Semester)

Einstellung zu digitalen Medien Abschlussklausur WS 16/17

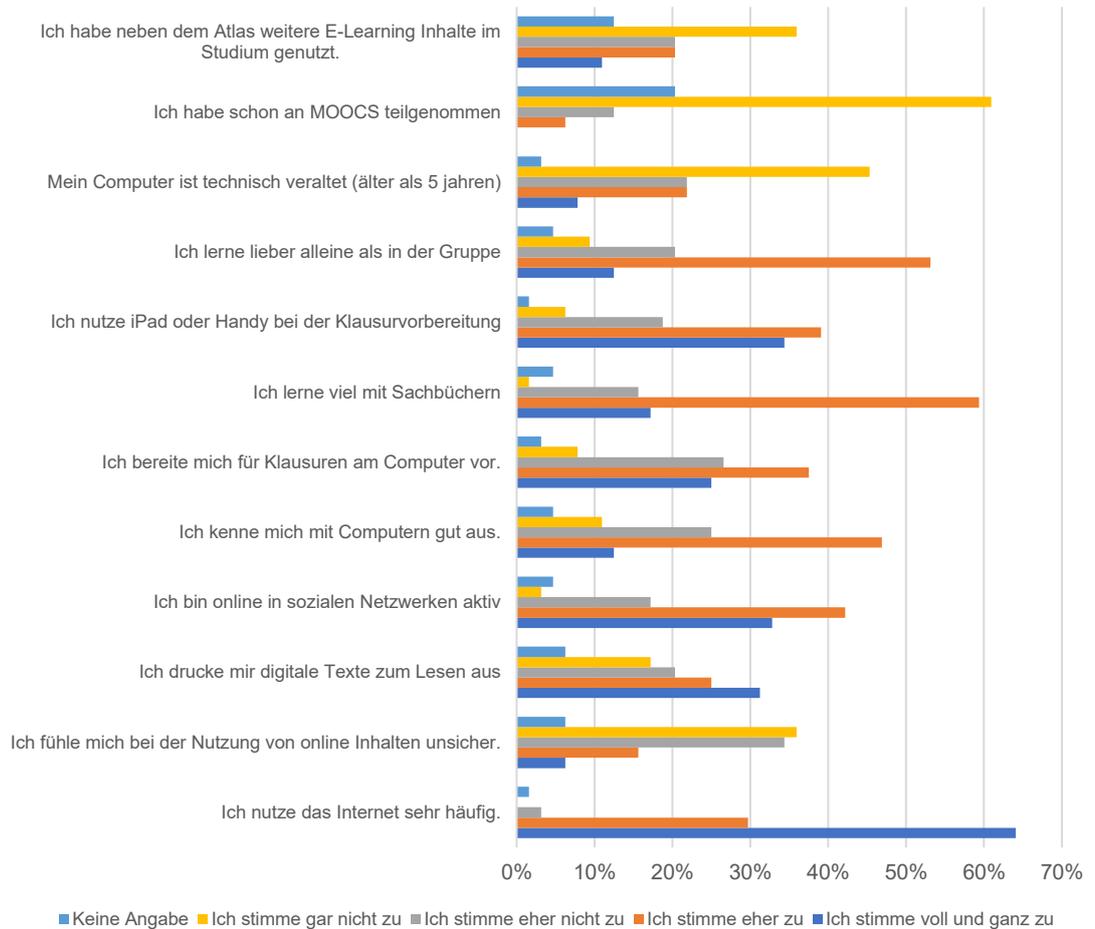


Abb. 20: Umfrageergebnisse zur Einstellung zu digitalen Medien im Rahmen der Abschlussklausur im WS 2016/17 (alle Semester)

Evaluation Online-Atlas Abschlussklausur WS 16/17

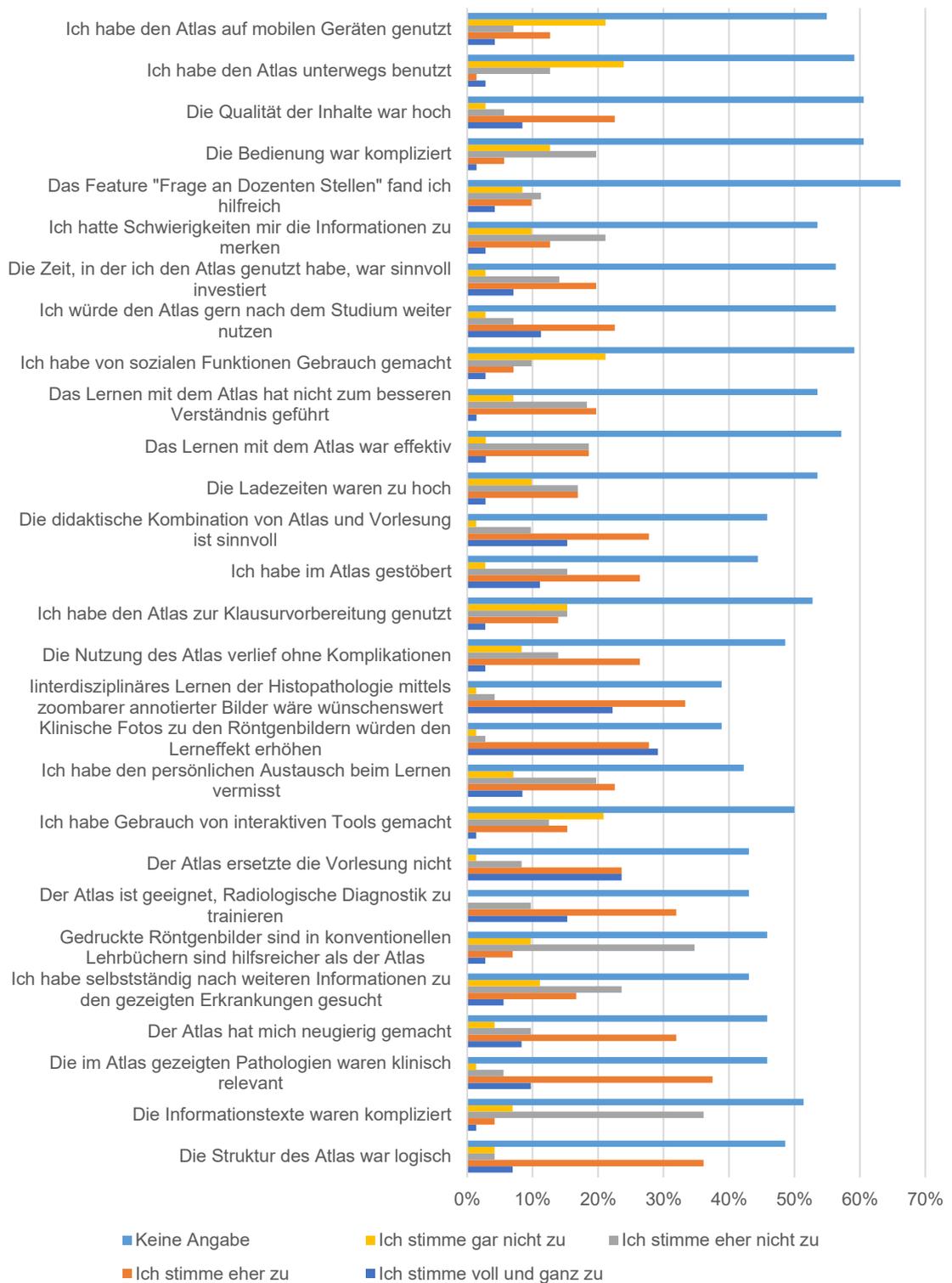


Abb. 21: Umfrageergebnisse zur Evaluation des Online-Atlas im Rahmen der Abschlussklausur im WS 2016/17 (alle Semester)

3.4.2 Fragebögen im Sommersemester 2017

Im Sommersemester 2017 wurde unter den Studierenden eine elektronische Umfrage zu ihrer Einstellung zu digitalen Medien sowie eine Evaluation der Lernplattform durchgeführt.

Die Abbildungen 22 und 24 zeigen die Umfrageergebnisse aller drei Semester bezüglich Einstellung zu digitalen Medien. Die Abbildungen 23 und 25 präsentieren die Ergebnisse der Evaluation des Online-Atlas.

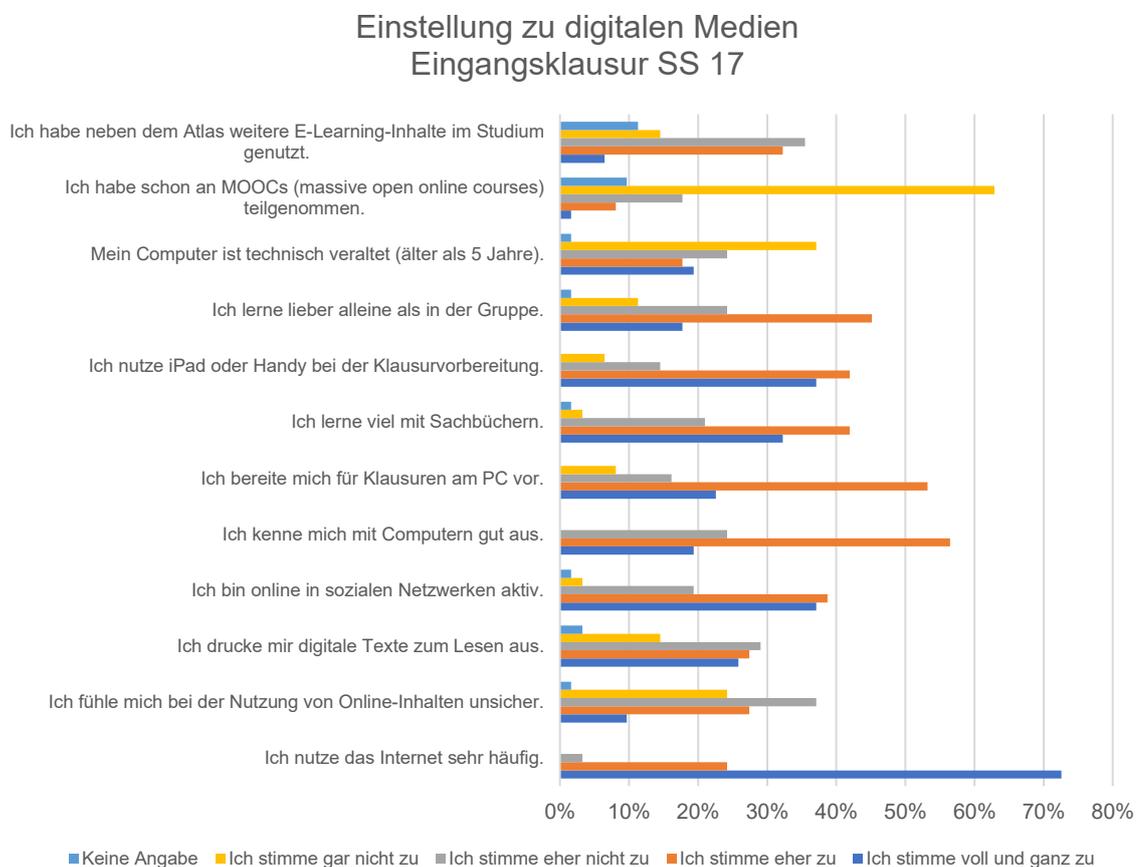


Abb. 22: Umfrage zur Einstellung zu digitalen Medien zu Beginn des SS 2017

Evaluation Online-Atlas Eingangsklausur SS 17

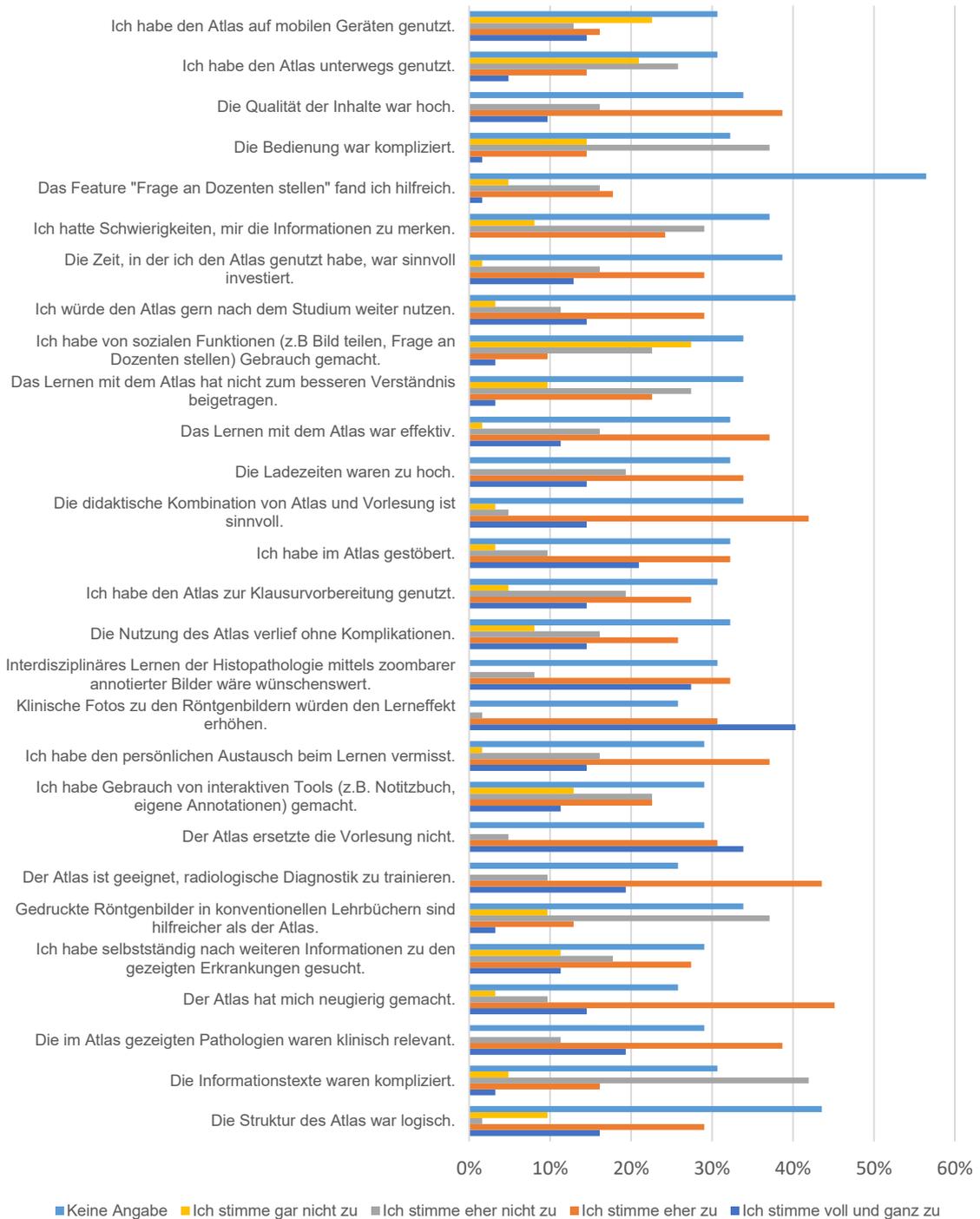


Abb. 23: Umfrage zur Evaluation des Online-Atlas zu Beginn des SS 2017

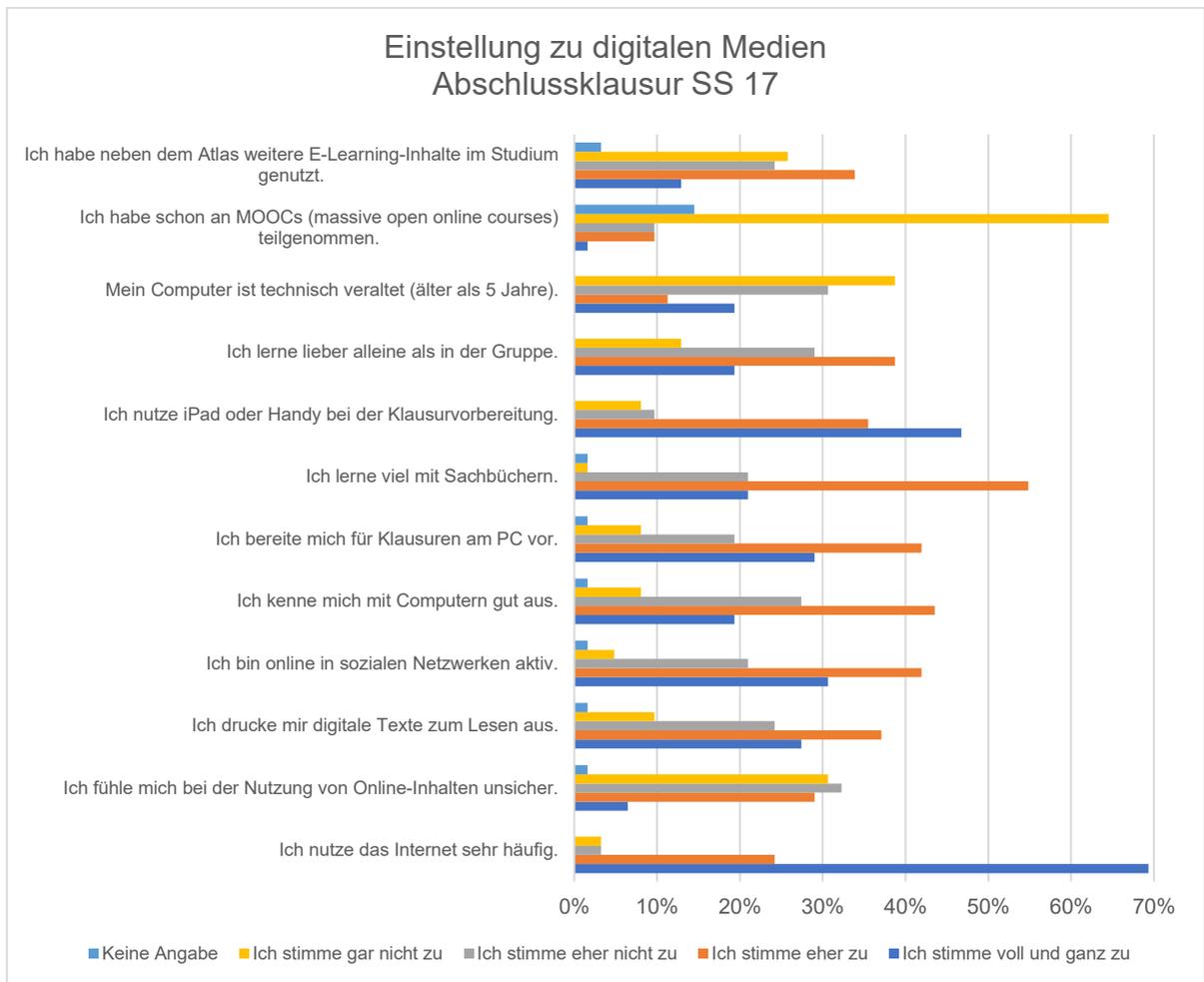


Abb. 24: Umfrage zur Einstellung zu digitalen Medien am Ende des SS 2017

Evaluation Online-Atlas Abschlussklausur SS 17

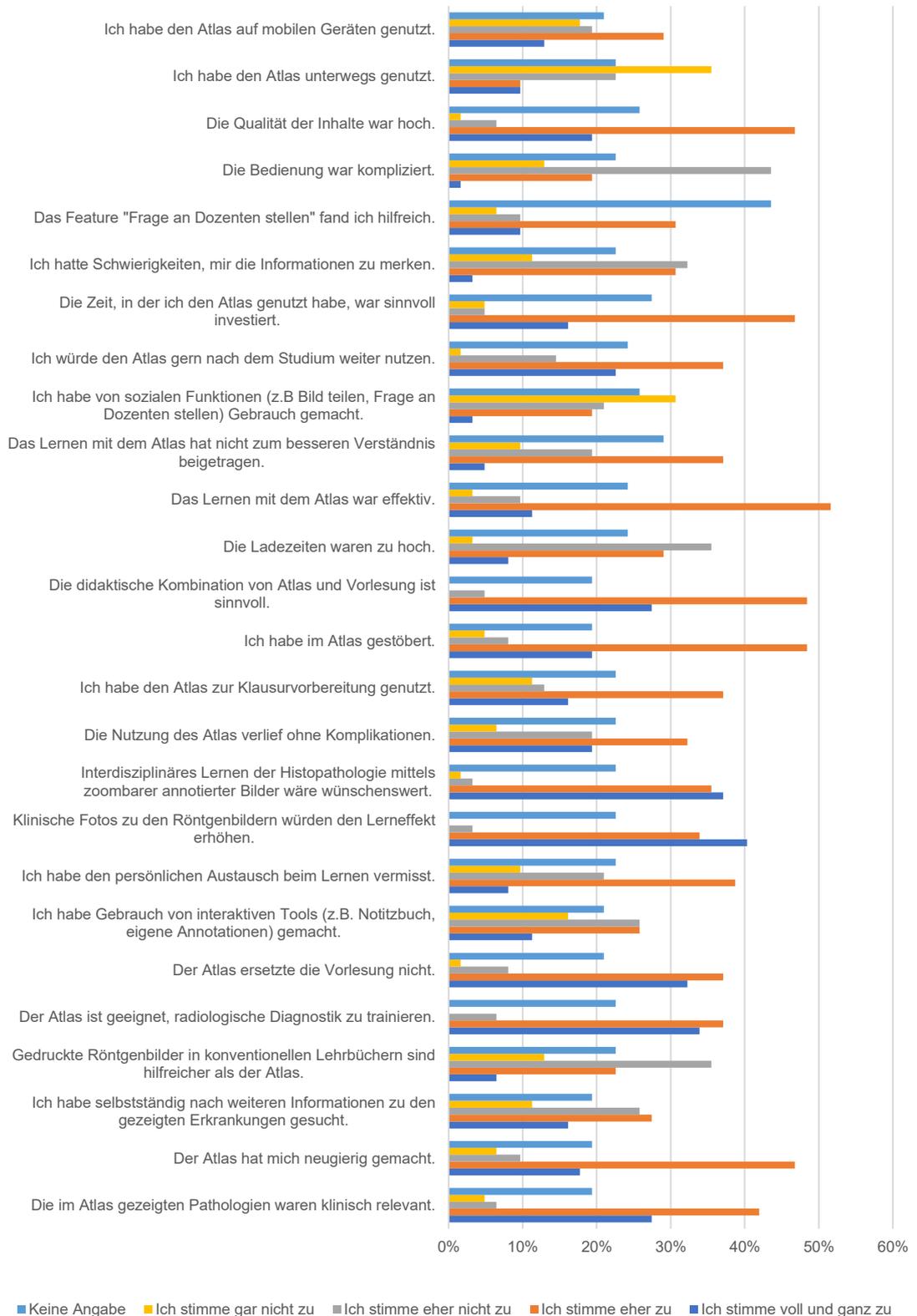


Abb. 25: Evaluation der Lernplattform am Ende des SS 2017

4 Diskussion

Übergeordnetes Ziel der vorliegenden Arbeit war, einen Beitrag zur Verbesserung der Lehre im Zahnmedizinstudium der Heinrich-Heine-Universität zu leisten. Dabei standen die Gestaltung und Bewertung eines Radiologie-E-Atlas und seine Integration im radiologischen Curriculum der Universität im Mittelpunkt. Im Rahmen des Vorhabens war zu diesem Zweck auf dem Framework SmartZoom® die Radiologie-Lernplattform CONRAD erstellt worden.

Ausgehend von diesem übergeordneten Ziel wurden zwei konkrete Ziele verfolgt. Primärziel der Arbeit war die Untersuchung der Radiologie-Lernplattform CONRAD im Hinblick auf deren Effektivität im Rahmen einer prospektiven longitudinalen Kohortenstudie. Dabei wurde untersucht, ob und wie sich die diagnostischen Skills der Studierenden nach Nutzung des Radiologie-Atlas entwickelt hatten.

Nebenziel war zudem die Erfassung und Auswertung von Rückmeldungen der Studierenden hinsichtlich des Einsatzes digitaler Lernumgebungen. Dazu wurden mithilfe von Fragebögen die Einstellungen der Studierenden zu digitalen Lernmedien im Allgemeinen sowie im Speziellen ihre Erfahrungen und Einschätzungen im Hinblick auf die Lernumgebung der Online-Plattform CONRAD ermittelt.

Als Langzeitziel sollten die Neustrukturierung und Digitalisierung des Sachkundeerwerbs der Zahnärztlichen Radiologie an der Heinrich-Heine-Universität vorangetrieben werden.

Das folgende Kapitel 4.1 stellt die Umsetzung der Projektziele dar. In Kapitel 4.2 werden Material und Methoden der vorliegenden Studie aus dem Blickwinkel der untersuchten Literatur beschrieben und in Kapitel 4.3 werden die einzelnen Untersuchungsergebnisse genauer diskutiert.

4.1 Umsetzung der Projektziele an der HHU

Im Zentrum dieser Studie standen die Entwicklung und der Einsatz digitaler Medien zur Bereicherung und Verbesserung der Lehre. Das folgende Unterkapitel 4.1.1 diskutiert die Eignung des E-Learning-Atlas für die Lehre und seine Integration in den Unterricht. Die Umsetzung der Digitalisierung des Sachkundeerwerbs wird im Unterkapitel 4.1.2 besprochen.

4.1.1 *E-Learning-Atlas* CONRAD

Der Online-Atlas CONRAD trägt den neuen Erkenntnissen der Lernforschung Rechnung und stellt ein modernes Lernmedium als Teil neuer Unterrichtsmethoden dar, das dem tiefen Lernansatz (*deep approach*) gerecht wird. Bei diesem steht das tiefgreifende Verständnis des Lernstoffes durch den Studierenden im Zentrum. Der Studierende soll seinen Lernprozess aktiv steuern und im Sinne eines konstruktivistischen Lernverständnisses aktiv am Prozess der Bedeutungserzeugung beteiligt sein. Er soll Zusammenhänge erkennen und herstellen und sich somit einen umfassenden Überblick über die Fachinhalte verschaffen können. Studierende der Medizin, die den *deep approach* beim Lernen bevorzugten, erzielten im Vergleich zu oberflächlichen Lernern bessere Noten (15-17). Der tiefe Lernansatz beim Lernen wird verstärkt, wenn die Lernaufgabe von den Studierenden als angenehm empfunden wird (18).

CONRAD ist im Rahmen des *Blended Learning* als elektronisches Lerntool im herkömmlichen Universitätsunterricht integriert. Es kann vom Nutzer sowohl im Lern- als auch im Quizmodus verwendet werden und beinhaltet eine große Anzahl unterschiedlicher Röntgenaufnahmen sowie pathohistologischer Präparate, die alle themenspezifisch mit umfassender Hintergrundinformation versehen sind.

Um CONRAD auf seine Effektivität in der Lehre zu untersuchen, wurden zuerst mithilfe von E-Klausuren, die in die Lehrveranstaltungen Klinik- und Poliklinik für

Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten eingegliedert wurden, diagnostische Fähigkeiten der Studierenden und Kenntnisse im Strahlenschutz untersucht.

Im Wintersemester 2016/17 fand die Pilotphase statt und die erste eigentliche Testphase setzte im Sommersemester 2017 ein. Der Leistungsstand der Studierenden wurde in beiden Phasen jeweils zu Beginn und Ende des untersuchten Semesters getestet. Die in der Studie untersuchten Semester waren das siebte (Auscultando), achte (Practicando I) und neunte (Practicando II) Semester (Regelstudienzeit).

Die CONRAD-Plattform stand den Studierenden ab der Eingangsklausur in der Pilotphase als Lernmedium zur ständigen Verfügung. Die Leistungsstandüberprüfung am Ende des Semesters diente dazu, Rückmeldung über die Lernfortschritte der Teilnehmenden nach Nutzung der E-Plattform zu erhalten.

CONRAD ist gegenwärtig fester Bestandteil der zahnmedizinischen Lehre an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Um den Kurs Klinik- und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten erfolgreich abzulegen, müssen die Teilnehmenden der Kurse Practicando I und Practicando II mindestens 60% der E-Klausurfragen richtig beantworten. Für die Teilnehmenden des Kurses Auscultando ist lediglich die Teilnahme an der E-Klausur Voraussetzung für die Absolvierung des Kurses.

4.1.2 E-Klausuren und elektronischer Sachkundeerwerb

Das langfristige Ziel der Digitalisierung des Sachkundeerwerbs wurde durch die Integration der Online-Plattform und der E-Klausuren in die Sachkunde der Zahnärztlichen Radiologie erreicht. Im Sommer 2018 genehmigte die Bezirksregierung Düsseldorf die geplanten Veränderungen des Sachkundeerwerbs an der HHU. Seit dem Sommersemester 2018 sind die in den Kursen Klinik und Poliklinik für ZMK geschriebenen E-Klausuren fester Bestandteil der Sachkunde der Zahnärztlichen Radiologie.

Um die Abschlussklausuren der Kurse Practicando I und Practicando II zu bestehen, benötigen die Studierenden jeweils mindestens 60 % richtiger Antworten. Für die Eingangsklausuren aller Semester sowie für die Abschlussklausur des Kurses Auscultando gibt es keine Bestehensgrenze, die Teilnahme an den Klausuren ist jedoch obligatorisch.

Beantwortet ein Teilnehmender die Abschlussklausuren aller drei Kurse, Auscultando, Practicando I und Practicando II, mit jeweils mindestens 70 % richtigen Antworten, verringert sich die Anzahl der von den Studierenden im Rahmen der Radiologie-Sachkunde schriftlich zu befundenden Röntgenaufnahmen von 100 auf 50 Aufnahmen. Von den restlichen 50 Befundungsaufgaben werden 40 im Rahmen des Radiologie-Praktikums absolviert. Die noch ausstehenden 10 Röntgenaufnahmen müssen von den Studierenden im klinischen Abschnitt des Studiums selbständig befundet und die Röntgendiagnosen vom fachkundigen Lehrpersonal überprüft und akzeptiert werden.

Durch die Erneuerungen wurde der Sachkunderwerb effektiver und kostengünstiger gestaltet, da aktuell nur noch 10 Befunde anstelle von 100 vom Lehrpersonal korrigiert werden müssen. Dies bringt nicht nur aufgrund der reduzierten Arbeitszeit finanzielle Vorteile, sondern auch einen Gewinn für den zukünftigen Zahnarzt, der sich in drei verschiedenen Semestern bei der Vorbereitung auf die E-Klausuren mithilfe des *E-Learning*-Atlas intensiv mit der Radiologie der ZMK-Erkrankungen beschäftigt.

Das hier vorgestellte Modell des elektronischen Fachkunderwerbs könnte weiteren deutschen Universitäten als Vorbild dienen, um den Anforderungen der neuen Approbationsordnung gerecht zu werden und in Zukunft allen Absolventen der Zahnmedizin im Rahmen des Staatsexamens die Fachkunde der Zahnärztlichen Radiologie anzubieten.

4.2 Diskussion von Material und Methoden

4.2.1 Studiendesign

Für die vorliegende Arbeit wurde als Studiendesign eine prospektive longitudinale Kohortenstudie gewählt, da dies die Beobachtung von Veränderungen im Lernverhalten über einen langen Zeitraum ermöglicht. Die Studie wurde nicht kontrolliert randomisiert durchgeführt, da ab der ersten Testphase die Abschlussklausur für die Kurse Practicando I und II bestehenspflichtig waren. Eine gleichberechtigte Klausurvorbereitung der Studierenden wäre sonst nicht gewährleistet gewesen. Gleichzeitig wurde dadurch auch ausgeschlossen, dass Probanden beispielsweise durch Auslosung in eine ungünstige Gruppe benachteiligt gewesen wären.

Im Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung war das von Tan et al. (19) in ihrer *Blended Learning*-Studie gewählte Studiendesign nicht-randomisiert kontrolliert. Dabei blieb es den Teilnehmern (n = 140) selbst überlassen, jeweils nur herkömmlichen Vorlesungen oder *E-Learning*-Veranstaltungen beizuwohnen oder eine Kombination aus beiden zu wählen. 67 % der Studierenden entschieden sich für die ausschließliche Teilnahme an *E-Learning*-Modulen, 30 % nahmen sowohl an Vorlesungen als auch an *E-Learning*-Modulen teil. In nur 3 % der Fälle fiel die Wahl ausschließlich auf traditionelle Vorlesungen. Nach einer Befragung im Anschluss an die Pilotphase entschieden sich die Forscher, anstelle von Kontaktunterricht die zweite Phase ausschließlich online durchzuführen. Ein nicht-randomisiert kontrolliertes Studiendesign inklusive Kontrollgruppe mit traditionellen Vorlesungen, wie dies bei Tan et al. der Fall war, hätte sich für die vorliegende Studie nicht geeignet, da bei den geringen Semestergrößen des Zahnmedizinstudiums in Düsseldorf die Kontrollgruppe mit hoher Wahrscheinlichkeit zu klein ausgefallen wäre.

Für die Untersuchung der Effektivität von *E-Learning* wählten viele Autoren ein randomisiert kontrolliertes Studiendesign (20-29). Zu einem ähnlichen Thema wurde von Kavadella et al. (20) eine randomisiert kontrollierte Studie durchgeführt, bei der jedoch im Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung den

Zahnmedizinierenden (n = 47) des letzten Studienjahres die Möglichkeit geboten wurde, an einem freiwilligen Kurs teilzunehmen. Dabei wurden die Teilnehmenden randomisiert in zwei Gruppen unterteilt: in eine *Blended Learning*-Gruppe und eine Vorlesungsgruppe mit ausschließlich Kontaktunterricht. Die Studierenden hatten dabei keinen Einfluss auf die Wahl der Gruppe. Lediglich Studierende mit limitiertem Computer- oder Internetzugang konnten nachträglich der konventionellen Vorlesungsgruppe zugeteilt werden, welches die Randomisierung negativ beeinflusste. In der Abschlussklausur schnitten die Studierenden aus der *Blended Learning*-Gruppe signifikant besser ab als die Probanden der konventionellen Vorlesungsgruppe (20). Wäre der Kurs nicht freiwillig gewesen, hätte dies als unfairer Nachteil den Studierenden aus der Kontrollgruppe gegenüber gewertet werden müssen.

Ludwig et al. (30) verglichen konventionellen und elektronischen Unterricht zum Thema Fernröntgenseitenbild bei Zahnmedizinierenden (n = 30). Die Probanden wurden zu Beginn in drei Gruppen randomisiert eingeteilt. Die erste Gruppe waren Lerner, die mithilfe herkömmlichem Papierausdruck übten, die zweite Gruppe von Studierenden lernte mit einer PowerPoint®-Diashow (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA). Mithilfe von Makros wurde eine Lernumgebung entwickelt, in welcher bestimmte Strukturen angeklickt werden sollten. Bei Wahl der richtigen Struktur wurde dies dem Studierenden durch Farbänderung signalisiert. Die dritte Gruppe lernte mithilfe einer Software, die ein Übungsprogramm mit integriertem *E-Learning*-Modul für die Analyse von Fernröntgenseitenbildern enthielt. Die Studierenden der Gruppe zwei und drei, deren Lernprozess computergestützt war, wiesen in der Abschlussklausur bessere Lernerfolge auf als Gruppe eins. Da die Klausuren in dieser Untersuchung keinen entscheidenden Einfluss auf die Endnoten im Zahnmedizinstudium hatten, war die Randomisierung vertretbar.

Mehrdad et al. (31) wählten ein *Cross-Over*-Studiendesign für den Vergleich von *E-Learning* mit konventionellen vorlesungsbasierten Methoden. Dabei wurden die ersten vier Wochen eines Kurses der Krankenschwester-Ausbildung

konventionell gelehrt und die restlichen 4 Unterrichtswochen als *E-Learning*-Kurs angeboten.

Auch Velan et al. (32) und da Costa Vieira et al. (33) bedienten sich eines *Cross-over*-Studiendesigns zum Vergleich von *E-Learning*-basierter und konventioneller vorlesungsbasierter Lehre.

Aufgrund einer möglichen Benachteiligung von Studierenden kam für die vorliegende Studie das randomisiert kontrollierte Design trotz seines guten Rufes als „Goldstandard“ nicht in Frage. Wie bei den in diesem Kapitel genannten Studien scheint der Lernerfolg bei *Blended Learning* oder *E-Learning*-basierter Lernmethode höher zu sein als bei konventionellem vorlesungsbasiertem Lernen (19, 20, 30). Für einige Studierende hätte sich gegebenenfalls durch die zufällige Zuweisung in eine konventionelle Lernergruppe ein Nachteil ergeben, was den Verlauf ihres Studiums hätte negativ beeinflussen können.

Faktoren, die die Wahl eines randomisiert kontrollierten Studiendesigns rechtfertigen, sind die Entscheidungsfreiheit der Probanden für die Kontroll- oder Testgruppe, Wegfall der Bestehenspflicht bei Klausuren und Tests sowie im Fall schlechten Abschneidens bei der Erfolgskontrolle keine negativen Auswirkungen auf die Kursabschlussnote.

4.2.2 Teilnehmende der Studie

Das folgende Kapitel behandelt die Probanden der vorliegenden Studie sowie die Zielgruppen, die in den Studien der untersuchten Literatur im Fokus standen.

Der Einsatz von *Blended Learning* bei (Zahnmedizin-)Studierenden war Gegenstand einer Reihe von Untersuchungen, die unterschiedliche Untersuchungsschwerpunkte wie Fächer, Semester bzw. Fachpersonengruppen hatten. Auch der Fachbereich Zahnärztliche Radiologie wurde von mehreren Arbeitsgruppen untersucht (19, 34-36). Dabei standen

beispielsweise folgende Forschungsschwerpunkte im Mittelpunkt: dentale Terminologie für Dentalhygieniker (8), Weiterbildungsassistenten der Kieferorthopädie (37), Gesundheitsinformatik für Zahnärzte, Zahnmedizinstudierende und Studierende der Dentalhygiene (12). Untersuchungen des ersten Studienjahrs bezogen sich zum Beispiel auf den Bereich der festsitzenden Prothetik (38), der radiologischen Anatomie für Mediziner (39) und der restaurativen Zahnmedizin (40). Laing Gibbard und Salajan untersuchten im Fachbereich Herausnehmbare Prothetik speziell das zweite und dritte Studienjahr (41). Das dritte Studienjahr war in den folgenden Bereichen Gegenstand der Untersuchung: Kieferorthopädie (42) und Mikroskopiekurs der oralen Pathologie (43). Bei Durham et al. lag im Bereich Anatomie der Fokus auf Studierenden im letzten zahnmedizinischen Studiensemester (44).

Die Teilnehmenden der vorliegenden Studie waren Zahnmedizinstudierende, welche im WS 2016/17 und SS 2017 die klinischen Kurse Auscultando, Practicando I und Practicando II belegten. Den Beginn der Studie im siebten Semester im Kurs Auscultando zu verankern, war darin begründet, dass die Studierenden, sofern sie alle Kurse in Regelstudienzeit belegten, bereits im sechsten Semester den Radiologischen Kursus mit besonderer Berücksichtigung des Strahlenschutzes sowie das Radiologie-Praktikum absolvierten und somit zu Beginn des siebten Semesters über ausreichendes Grundwissen verfügten. Außerdem wurde es als sinnvoll erachtet, die E-Klausuren aufgrund der ähnlichen Thematik als Teil des Kurses Klinik und Poliklinik für ZMK, an dem die Studierenden im siebten, achten und neunten Semester teilnahmen, durchzuführen. Gleichzeitig wurde damit eine Vertiefung des Wissens für die Vorlesungsreihe Spezielle ZMK I und II, welche im achten und neunten Semester stattfindet, angestrebt.

Die Teilnehmerzahlen in der Pilotphase (Eingangsklausur n = 64, Abschlussklausur n = 73) und in der ersten Testphase (Eingangsklausur n = 62, Abschlussklausur n = 63) waren höher verglichen mit den Teilnehmerzahlen der in der recherchierten Literatur behandelten Untersuchungen. Die

Teilnehmerzahlen ähnlicher Studien waren wie folgt: Kavadella et al. (20): n = 47, Durham et al. (44): n = 15, Mehrdad et al. (31): n = 32, Farah et al. (43): n = 69 und Finley et al. (45): n = 40. Die Studie von Ariana et al. untersuchte deutlich mehr Probanden, insgesamt 194 Zahnmedizinische Studierende aus dem zweiten Studiensemester (45). Für die Studie der vorliegenden Dissertation wäre eine so große Probandenzahl aufgrund der kleineren Semestergrößen nicht möglich gewesen.

4.2.3 Lernplattform

Wie vielfältig das Angebot an *E-Learning*-Tools ist, zeigen die hier zum Vergleich herangezogenen Studien, die sich mit unterschiedlichen elektronischen Lernprogrammen befassen. Ein Beispiel für ein universitätsinternes Lernprogramm ist das *Learning Management System* (LMS), das den Kursteilnehmern direkten Zugriff auf die PowerPoint®-Unterlagen eines *Blended Learning*-Kurses bietet, Links zu Quellen sowie Kalender und Zeitplan des Kurses enthält und direkten Kontakt zum Instruktor über E-Mail ermöglicht (20). Weitere untersuchte Lernprogramme sind außerdem noch Microsoft PowerPoint® (19, 30), Blackboard™ (Blackboard Inc., Lynnfield, MA, USA) (40, 43-45) und Primal Pictures Interactive Anatomy™ (Primal pictures, London, UK) (44). Im Rahmen dieser Arbeit kann nicht näher auf die unterschiedlichen *E-Learning*-Programme eingegangen werden.

Für die Erstellung des Radiologie-Atlas CONRAD wurde das Framework SmartZoom® verwendet. Die Entscheidung fiel zugunsten dieser Plattform aus, da sie Wissensvermittlung sowie praktische Trainings- und Wiederholungsmöglichkeiten einschließlich der Option, persönliche Notizen zu speichern, in sich einschließt. Die Lernprozesse können verschiedenartig gefördert werden. Die Studierenden können unterschiedliche Informationen abrufen, zum Beispiel per Mausklick die Annotationen von Röntgenbildern oder zusammenfassende Beschreibungen der jeweiligen Pathologie. Sie haben auch die Möglichkeit, bei Fragen oder Unklarheiten mit dem Lehrpersonal schriftlich Kontakt aufzunehmen. Der Studierende kann auch mit der

Quizfunktion das erworbene Wissen überprüfen. Bei der Quizfunktion kommt jedoch ausschließlich der Fragetyp *Single Choice* zur Anwendung und als Antwortoptionen stehen nur die in der Plattform gespeicherten fertigen Benennungen der Röntgenbilder bzw. Pathologiepräparate zur Wahl. Spezifischere Fragestellungen sind zurzeit noch nicht möglich.

Die Befragung der Studierenden zeigte, dass CONRAD als neues Lehrmedium gut aufgenommen wurde. Bei der Umfrage zum Online-Atlas im SS 17 (Abb. 25) verneinten 57 % der Studierenden die Aussage „Die Bedienung des Atlas war kompliziert“ („Ich stimme gar nicht zu“: 13 %; „Ich stimme eher nicht zu“: 44 %). Zur Aussage „Lernen mit dem Atlas war effektiv“ wählten 63 % der Studierenden eine positive Antwort („Ich stimme voll und ganz zu“: 11 %; „Ich stimme eher zu“: 52 %). Mit einigen Funktionen waren die Studierenden jedoch noch nicht vertraut bzw. hatten noch nicht davon Gebrauch gemacht: Die Aussage „Ich habe von sozialen Funktionen (z.B. Bild teilen, Frage an Dozenten stellen) Gebrauch gemacht“ wurde von 52 % der Probanden negativ beantwortet („Ich stimme gar nicht zu“: 31 %; „Ich stimme eher nicht zu“: 21 %). „Ich stimme voll und ganz zu“ wurde nur von 3 % der Teilnehmer gewählt. Zur Aussage „Die Nutzung des Atlas verlief ohne Komplikationen“ haben 51 % der Studierenden eine positive Antwort gewählt („Ich stimme voll und ganz zu“: 19 %; „Ich stimme eher zu“: 32 %). Technische Probleme, die von Studierenden berichtet wurden, umfassten insbesondere eine fehlerhafte Darstellung der Hintergrundtexte sowie abgeschnittene Annotationen auf einigen mobilen Endgeräten. Während der Pilotphase konnten diese technischen Probleme behoben werden.

4.2.4 E-Klausuren

Die Feststellung des Lernzuwachses erfolgte über E-Klausuren auf der ILIAS-Plattform. Vorteile der elektronischen Wissensüberprüfung sind unter anderem Automatisierung des Prüfungsablaufes, Objektivität und Zeitersparnis bei der Ergebnisauswertung, einfache Modifizierungsmöglichkeiten der

Prüfungsfragen, leichtes Einfügen von qualitativ hochwertigem Bild- oder Videomaterial sowie insgesamt besseres Qualitätsmanagement.

Um standardisierte Bedingungen für die E-Klausuren zu schaffen, wurde die Leistungsüberprüfung im ZIM der Heinrich-Heine-Universität durchgeführt. Im Kioskmodus der Computer war das Surfen im Internet ausgeschlossen. Auch die Bearbeitungszeit der Klausuren war streng kontrolliert, da nach Verstreichen der Prüfungszeit die Klausur automatisch abgeschlossen und hochgeladen wurde. Danach hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, die Fragebögen zu bearbeiten. Es gab dabei keine Zeitbegrenzung. Im Raum befanden sich zudem zwei Aufsichtspersonen und die Probanden durften keine persönlichen Gegenstände an den Platz nehmen, wodurch Täuschungsversuche unterbunden wurden.

Die in den E-Klausuren der vorliegenden Studie verwendeten Fragetypen wurden bereits in Kapitel 2.2.2 vorgestellt. Bei den Fragetypen, die in den E-Klausuren der untersuchten Literatur verwendet wurden, handelte es sich vor allem um Entscheidungsfragen (ja/nein) (20), *Multiple Choice*-Fragen (19, 20, 46), offene Fragen (46) und schriftliche Befundungen von Röntgenaufnahmen (20).

Um Studierende im Vorhinein mit den verschiedenen Fragentypen vertraut zu machen, wird zu Beginn des jeweiligen Semesters im Rahmen des Kurses Klinik und Poliklinik für ZMK eine Einführungsveranstaltung organisiert. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass sich die gewählten Fragetypen gut für eine erfolgreiche Wissensüberprüfung eignen. Einzig beim Fragentyp *Hotspot/Imagemap* kam es im ersten Durchlauf der Eingangsklausur des Wintersemesters 2016/17 zu technischen Problemen, die die Hilfe einer Aufsichtsperson nötig machten. Diese Probleme wurden jedoch behoben. Die weiteren E-Klausuren verliefen problemlos. Von Seiten der Teilnehmenden wurde lediglich bemängelt, dass die Plattform kein Heranzoomen der Bilder in den Fragen ermöglicht. An der Behebung dieses Schwachpunktes muss in Zukunft noch gearbeitet werden.

Die E-Klausurfragen wurden auf der ILIAS-Plattform je nach Themengebiet und Schwierigkeitsgrad in verschiedene Fragenpools gruppiert. Zur Evaluierung der E-Klausurfragen hinsichtlich ihrer Eignung wurde jede Frage einer Itemanalyse unterzogen. Da bereits während der Pilotphase die Trennschärfen und die Item-Schwierigkeiten aller Klausurfragen berechnet wurden, standen bereits in der ersten Testphase im Sommersemester 2017 ausschließlich validierte Fragen zur Verfügung. Die Itemanalyse der E-Klausurfragen stellt ein Qualitätsmerkmal für hohen wissenschaftlichen Standard dar.

4.2.5 Fragebögen

In der Pilotphase erhielten die Teilnehmenden Fragebögen, die handschriftlich ausgefüllt werden mussten. Dies erwies sich allerdings als ungünstig für die Auswertung, da die Ergebnisse per Hand in den Computer eingegeben und die unterschiedlichen Antwortalternativen, wie zum Beispiel „Ich stimme voll und ganz zu“, dabei in *Scores* umgewandelt werden mussten, um die Ergebnisse in Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) weiter bearbeiten zu können.

In der Kohortenstudie von Kavadella et al. (20) mussten sowohl in der *Blended Learning*-Gruppe (Testgruppe) als auch in der Vorlesungsgruppe (Kontrollgruppe) Fragebögen vor und nach dem radiologischen Kurs ausgefüllt werden. Die Fragen zu Kursbeginn bezogen sich dabei auf Computer-Kenntnisse, demografische Informationen sowie Einstellungen und Erwartungen der Studierenden zum Kurs. Am Ende des Kurses wurden die Teilnehmenden aufgefordert, den Kurs zu evaluieren. Die Fragebögen enthielten Entscheidungsfragen (ja/nein), offene Fragen und Fragen, die mit der Likert-Skala beantwortet wurden (1 = sehr negativ, 5 = sehr positiv).

In der *E-Learning*-Studie von Tan et al. (19) wurden demografische Daten der Probanden mittels *Single Choice* -Fragen gesammelt. Es wurden auch offene Fragen gestellt, um Verbesserungsvorschläge für den Kurs zu erhalten.

Durham et al. (44) verwenden in ihren Fragebögen ein *Priority-Sequence Model* (QualQuan) (47), in dem qualitative und quantitative Methoden miteinander kombiniert werden. Im qualitativen Untersuchungsteil wurden semistrukturierte Interviews (*flexible topic guide*) durchgeführt. Für den quantitativen Teil wurde ein Fragebogen erstellt, der von den Teilnehmern mit der Likert-Skala (1 = sehr negativ, 5 = sehr positiv), in Form von Freitext oder *Single Choice-Fragen* beantwortet wurde.

Farah et al. (43) befragten Studierende mittels Fragebogen zu ihren Lernfortschritten. Die Antworten mussten in der Likert-Skala als Wert (1 = sehr negativ, 5 = sehr positiv) eingetragen werden. Auch Finley et al. (46) setzten eine Likert-Skala ein, die allerdings nur vier Werte enthielt. (1 = sehr positiv, 4 = sehr negativ).

Mehrdad et al. (31) nutzten in ihren Fragebögen als Antwortoptionen die Likert-Skala sowie eine offene Frage, bei der die Teilnehmer ihre bevorzugte Lernmethode beschreiben konnten. Die Probanden evaluierten den *E-Learning*-Unterricht sowie den konventionellen Vorlesungsunterricht in den vier Bereichen Motivation, Selbständigkeit, Effektivität und Leistungsfähigkeit.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

Mit der E-Lernplattform CONRAD wurde den Studierenden ein vielseitiges Lernmedium zur Verfügung gestellt. Ein wesentlicher Teil dieser Studie war es zu ermitteln, in welchem Maße das Lernen auf der E-Plattform die Entwicklung des Lernerfolgs der Studierenden beeinflusste. Dies erfolgte durch die Auswertung der E-Klausurergebnisse, auf die im folgenden Kapitel eingegangen wird. An dieser Stelle werden auch die Ergebnisse anderer Studien vorgestellt.

Ein weiteres Ziel der Studie war die Erfassung der Zufriedenheit mit unterschiedlichen Lernumgebungen und Einschätzung des Lernzuwachses.

Die Ergebnisse Fragebögen, die zur Erfassung der Einstellungen der Studierenden dienten, werden im Unterkapitel 4.3.2 diskutiert.

4.3.1 E-Klausurergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie unterstützen die Erwartungshaltung, nach der der implementierte *E-Learning-Atlas* die Kenntnisse der Studierenden in der Zahnärztlichen Radiologie verbessert. Bereits im Wintersemester 2016/17 war in allen drei Semestern eine Verbesserung der E-Klausurergebnisse zu verzeichnen. Diese Verbesserung war jedoch nicht signifikant, was möglicherweise dadurch begründet werden kann, dass die E-Klausuren im Wintersemester 2016/17 noch Teil der Pilotphase waren und deshalb noch nicht durchgehend validierte Fragen enthielten.

Im Sommersemester 2017 war jedoch eine signifikante Verbesserung der Klausurergebnisse in den Semestern sieben (*Auscultando*) und neun (*Practicando II*) zu erkennen. Im achten Semester (*Practicando I*) konnte ebenfalls eine Kompetenzsteigerung verzeichnet werden, die allerdings nicht signifikant war.

Die geringe Kompetenzsteigerung im achten Semester (*Practicando I*) ist nicht durch die Teilnehmerzahl zu erklären, da das Semester mit 31 Teilnehmern gut repräsentiert war. Dagegen trug die geringe Anzahl an Klausurfragen (35 *Items*) möglicherweise zu dem wenig signifikanten Ergebnis in *Practicando I* bei. Auch die Bewertung der Trennschärfen hatte unter Umständen einen Einfluss auf das Ergebnis. Die Trennschärfen wurden dabei auf Basis der Eingangs- und Abschlussklausurfragen berechnet und der Mittelwert aus beiden Trennschärfen zur Beurteilung herangezogen. Dies führte möglicherweise zu verzerrten Werten, da sich die meisten Studierenden noch nicht für die Eingangsklausur vorbereitet hatten und die dadurch bedingten schlechteren Resultate der Eingangsklausur die Bestimmung der Trennschärfe negativ beeinflussten.

Die Berechnung der Item-Schwierigkeiten erfolgte auf ähnliche Weise. Auch hier basierte der Mittelwert auf den vorangegangenen E-Klausuren. Wie bei den Trennschärfen kann es dabei zu Ungenauigkeiten bei der Berechnung der Item-Schwierigkeiten und dadurch zu einer Verzerrung bei der Auswahl der Klausurfragen nach Item-Schwierigkeit gekommen sein.

Auffällig waren im Sommersemester 2017 die Reliabilitäten der Klausuren. Nur im neunten Semester gab es eine Verbesserung der Reliabilität. Im siebten und achten Semester verschlechterte sich die Reliabilität. Ein Grund hierfür könnte die niedrige Anzahl der Klausurfragen (35 *Items*) im Sommersemester 2017 sein. Eine Verbesserung der Reliabilität könnte in Zukunft durch die Steigerung der Anzahl an Klausurfragen erreicht werden. Ergebnisse der fortführenden Studie sind jedoch nicht Teil dieser Arbeit. Möglicherweise hatte die Art und Weise, in der Trennschärfen und Item-Schwierigkeiten berechnet wurden, auch einen negativen Effekt auf die Reliabilitäten.

Die Auswertung der Klausurergebnisse zeigte deutlich, dass die Studierenden durch den Einsatz der digitalen Plattform verbesserte Lernerfolge verzeichnen konnten.

Einige Forscher kamen zu dem gleichen Schluss, dass *Blended Learning*- bzw. *E-Learning*-Gruppen verglichen mit den Kontrollgruppen, die konventionellen Kontaktunterricht erhalten hatten, signifikant bessere Ergebnisse erzielten (20, 23, 30, 45, 48, 49). Am stärksten profitieren vom *E-Learning* selbstgesteuerte und visuelle Lerner (46).

Untersuchungen der Arbeitsgruppe Ginns und Ellis (50) zeigten, dass positive Wahrnehmung von Online-Lernen durch die Studierenden sowie deren vermehrte Online-Interaktion stark mit besseren Noten korrelieren. *Blended Learning* profitiert zwar von der technischen Kapazität und Funktion von Unterrichtsplattformen, sein Erfolg beruht aber letztendlich darauf, wie das Lernen von den Studierenden wahrgenommen wird und wie gut sie ihren eigenen Lernprozess verstehen.

Die Metaanalyse von Sitzmann et al. (10), in der 96 Arbeiten zusammengefasst wurden, ergab, dass im Rahmen der Vermittlung prozeduralen Wissens *E-Learning* und vorlesungsbasierter Präsenzunterricht bei vergleichbaren Inhalten und Lernenden ähnlich effektiv sind. Bei der Vermittlung deklarativen Wissens hingegen ist der Studie zufolge *E-Learning* um 6 % effektiver als die konventionellen vorlesungsbasierten Methoden. Wenn Probanden während des *E-Learnings* kontrolliert wurden und Feedback bekamen, waren sie sogar um 19 % effektiver als die Kontrollgruppe.

Einige Autoren kamen allerdings auch zu dem konträren Ergebnis, dass es in ihrer Studie keinen signifikanten Unterschied zwischen *E-Learning* und konventionellem Lernen gab (5, 25, 31, 46, 51) bzw. dass die *E-Learning*-Gruppe bei der Beantwortung von offenen Fragen sogar schlechter abschnitt als die konventionellen Lerner (46).

Die Arbeitsgruppe Edmond et al. (52) verglich Unterricht, der über Video-Podcast erfolgte, mit konventionellem Kontaktunterricht. Bei Podcasts handelt es sich nicht um interaktive Plattformen zur Ergänzung der Lehre, sondern sie bieten lediglich eine Plattform für kontaktlosen Unterricht, bei dem die Möglichkeit des persönlichen Austauschs mit dem Lehrer fehlt. Die Studie der Arbeitsgruppe ergab, dass die Lerner aus der konventionellen Gruppe besser abschnitten als die Probanden der Podcast-Gruppe. Allerdings waren die Unterschiede nicht signifikant.

4.3.2 Ergebnisse der Fragebögen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Fragebögen analysiert und unter dem Blickwinkel der untersuchten Literatur behandelt. Ziel war es zu ermitteln, wie die Studierenden unterschiedlichen Lernumgebungen gegenüber eingestellt waren.

Die Aussage „Ich habe neben dem Atlas weitere *E-Learning*-Inhalte im Studium genutzt“ fiel bei den Umfragen positiv auf. Während bei der Abschlussklausur des WS 16/17 (Abb. 21) noch 74 % der Befragten diese Antwort negativ

beantworteten (47 % „Ich stimme gar nicht zu“ und 27 % „Ich stimme eher nicht zu“), lag der Anteil der negativen Antworten bei der Eingangsklausur im SS 17 (Abb. 23) nur noch bei 56 % (36 % „Ich stimme gar nicht zu“ und 20 % „Ich stimme eher nicht zu“). Bei der Abschlussklausur im SS 17 (Abb. 25) fielen die Antworten noch positiver aus. Bei der Eingangsklausur gaben nur noch 50 % eine negative Antwort (15 % „Ich stimme gar nicht zu, 35 % „Ich stimme eher nicht zu“). Auch bei der Abschlussklausur lag das Resultat bei 50 % (26 % „Ich stimme gar nicht zu, 24 % „Ich stimme eher nicht zu“).

Bei der Evaluation der Abschlussklausur im SS 17 (Abb. 25) bewerteten 71 % der Studierenden (37 % „Ich stimme eher zu, 34 % „Ich stimme voll und ganz zu“) die *E-Learning* -Plattform als geeignet, sich Kenntnisse der radiologischen Diagnostik anzueignen, obwohl 69 % der Studierenden (37 % „Ich stimme eher zu, 32 % „Ich stimme voll und ganz zu“) die konventionellen Vorlesungen nicht dadurch ersetzen würden. 75 % der Teilnehmenden befürworteten (48 % „Ich stimme eher zu, 27 % „Ich stimme voll und ganz zu“) die didaktische Kombination aus Vorlesungen und der Nutzung des E-Atlas.

Die Befragung der Studienteilnehmenden ergab, dass ausschließlicher *E-Learning*-Unterricht von den Probanden nicht gutgeheißen wurde. Vielmehr bestand der Wunsch nach einem *Blended Learning*-Konzept mit einer Kombination aus Präsenzunterricht und elektronisch vermittelten Inhalten. Auch andere Studien bestätigten die Meinung der Studierenden, dass *E-Learning* den konventionellen Präsenzunterricht zwar ergänzen, aber nicht völlig ersetzen kann (25, 53-56).

Bei der Evaluation der Lernplattform CONRAD (Abb. 21, 23, 25) war auffallend, dass durchschnittlich häufig die Antwortoption „keine Angabe“ gewählt wurde. Dies kann darauf hindeuten, dass sich einige Probanden nicht im Vorfeld mit dem Online-Atlas beschäftigt hatten. Es ist auch möglich, dass diese Antwort aus Unsicherheit gewählt wurde, da die Studierenden möglicherweise befürchteten, dieses neue Medium könnte in Zukunft Präsenzveranstaltungen ganz ersetzen.

Mehrdad et al. (31) untersuchten die Lernerfolge von Krankenpflege-Studentinnen und stellten fest, dass zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Wissenszuwachs durch *E-Learning* oder konventionellem Lernen erkennbar waren, dass *E-Learning* jedoch den Probandinnen zufolge das subjektive Leistungsvermögen und die Selbständigkeit des Lernprozesses besser unterstütze. Konventionelle Vorlesungen hingegen wurden von den Teilnehmerinnen als lerneffektiver und motivierender bewertet. In anderen Untersuchungen gaben Studierende an, dass die digitale Lernumgebung leichter zur Ablenkung führte (57).

Brumini et al. (58) fanden in ihrer Studie heraus, dass Studierende der Zahnmedizin generell eine positive Einstellung *E-Learning* gegenüber haben. Höheres Alter und fortgeschrittenes Semester des Studierenden, allgemeine Affinität zum Internet beim Lernen, aktive Nutzung von *Facebook* und Nutzung weiterer *E-Learning*-Inhalte hatten einen signifikant positiven Einfluss auf die Einstellung zu *E-Learning*. Niedrige Studiensemester sowie seltene Nutzung von *E-Learning*-Inhalten hatten dagegen einen signifikant negativen Zusammenhang mit ablehnender Haltung. Sawras et al. (59) stellten fest, dass Studierende des kinästhetischen Lerntyps – in der Studie als *hands on*-Lerner bezeichnet –, die handlungsorientiert sind und bevorzugt mit Übungsaufgaben lernen, *E-Learning* gegenüber mit höherer Wahrscheinlichkeit positiv eingestellt sind.

Ryan et al. (60) untersuchten die Einstellungen der Studierenden zu Lernen im Kontaktunterricht und zu Online-Lernen. Dabei schnitt Präsenzunterricht in Bezug auf Inhalt, Interaktionsmöglichkeit, Teilnahme, Vorbereitung und Kommunikation signifikant besser als Online-Unterricht ab. Andererseits wurde Online-Unterricht hinsichtlich Entwicklung technischer Kompetenzen besser bewertet. Keine signifikanten Unterschiede zwischen Präsenz- und Online-Unterricht gab es im Bereich des kritischen Denkens und der für die Aufgabenbewältigung benötigten Zeit.

Auch wenn *E-Learning* ein Tool darstellt, welches nicht mehr aus der Lehre wegzudenken ist, bildet der konventionelle Kontaktunterricht nach wie vor die Grundlage der Universitätsdidaktik. In der vorliegenden Studie zeigt die Auswertung der Fragebögen deutlich, dass Studierende die Lernplattform CONRAD keineswegs als Ersatz für Vorlesungen sehen, sondern diese vielmehr als nützliche Ergänzung zum konventionellen Präsenzunterricht verstehen.

Ziel dieses Projektes war es nicht, bestehende Vorlesungen und Seminare durch *E-Learning* zu ersetzen, sondern ein vielseitiges *Blended Learning*-Angebot zu entwickeln, welches den Studierenden sowohl während der Vorlesung als auch im Rahmen des selbstständigen Arbeitens zur Verfügung steht.

4.4 Schlussfolgerungen

4.4.1 *E-Learning*-Plattform CONRAD

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die CONRAD-Plattform von den Studierenden als positiv und bereichernd für die Lehre angesehen wurde. Nach Abschluss der Testphase im Sommersemester 2017 wurde das Projekt bis heute kontinuierlich fortgeführt und die Plattform im Unterricht eingesetzt. Um das *E-Learning*-Angebot aktuell und vielseitig zu halten, werden die Lehrmaterialien stets von Dozierenden und wissenschaftlichen Hilfskräften der Heinrich-Heine-Universität ergänzt und aktualisiert.

Die vorliegende Studie unterstützt die Erwartungshaltung, dass Studierende *E-Learning* nicht als Ersatz für traditionellen, unter Leitung des Lehrers gehaltenen Unterricht sehen, sondern als Ergänzung dazu, also als Teil einer *Blended Learning*-Strategie.

Das *E-Learning*-Angebot der Heinrich-Heine-Universität wurde im Wintersemester 2017/18 in einem *Blended Learning*-Projekt weiterentwickelt, indem die CONRAD-Plattform in die Lehre der Kurse *Auscultando*,

Practicando I und Practicando II eingebunden wurde. Zu Beginn jedes neuen Semesters wird eine Einführungsveranstaltung angeboten, bei der die Studierenden in die verschiedenen Funktionen des Atlas sowie in den Ablauf der E-Klausuren eingeführt werden. Aufgrund der großen Bandbreite an Röntgenaufnahmen verschiedener ZMK-Erkrankungen dient CONRAD während der Vorlesung als Nachschlagewerk, als Ergänzung (z.B. bei der Besprechung von Differentialdiagnosen) sowie zum Erlernen der charakteristischen Merkmale verschiedener radiologischer Befunde.

Seit 2019 wird die CONRAD-Plattform an der HHU in Zusammenarbeit dem Institut für Anatomie II der Heinrich-Heine-Universität durch Bilder von Humanpräparaten ergänzt. Seit dem Sommersemester 2020 sind zudem alle Präparate des histopathologischen Praktikums inklusive Annotationen eingebunden, sodass die Plattform zunehmend eine Schnittstelle zwischen unterschiedlichen präklinischen und klinischen Kursen darstellt. Dies ermöglicht den Studierenden ein integriertes Lernen.

Zukünftige Ziele sind neben dem weiteren Ausbau der CONRAD-Plattform und Weiterentwicklung der ILIAS-Klausuren Kooperationen mit anderen deutschen Universitäten. Durch den gegenseitigen Austausch und die gemeinsame Nutzung von Röntgenaufnahmen und validierten Klausurfragen ist eine Ergänzung und regelmäßige Erneuerung der Aufnahmen auf der CONRAD-Plattform und eine Aktualisierung des Fragenpools auf der ILIAS-Plattform gewährleistet.

4.4.2 Sachkunde der Zahnärztlichen Radiologie

Seit 2018 ist die Plattform ein wesentlicher Bestandteil des digitalen Sachkunderwerbss, der durch die zuständige Behörde akkreditiert wurde. Die positiven Effekte dieser Erneuerung sind bereits zu erkennen: Der Korrekturaufwand des Fachpersonals hat sich bedeutend reduziert, da nur noch 10 statt 100 Röntgenbefunde zu bewerten sind. Somit bleibt genügend Zeit für die ausführliche Besprechung der Befunde mit dem Studierenden.

Studierende der Heinrich-Heine-Universität werden auch nach dem Inkrafttreten der neuen zahnärztlichen Approbationsordnung mit dem Staatsexamen die Fachkunde in Strahlenschutz für das Anwendungsgebiet Intraorale Röntgendiagnostik mit dentalen Tubusgeräten, Panoramaschichtaufnahmen und Fernröntgenaufnahmen des Schädels erwerben können. Davor muss jedoch in jeder Universität behördlich festgestellt sein, dass die im Rahmen des Radiologischen Praktikums erteilte Ausbildung auch für diesen Anwendungsbereich geeignet ist und im Bereich Strahlenschutz sowohl praktische Erfahrung als auch nötiges theoretisches Wissen vermittelt werden. Zudem muss gewährleistet sein, dass das Lehrpersonal über die notwendige Qualifikation verfügt und die Universität so ausgestattet ist, dass im Radiologischen Praktikum und in den Behandlungskursen Wissen ordnungsgemäß vermittelt werden kann (61).

Die Heinrich-Heine-Universität hat mit der Erneuerung des Sachkundeerwerbs effiziente Maßnahmen ergriffen, um mit der aktuellen Entwicklung Schritt zu halten und den behördlichen Anforderungen gerecht zu werden. Durch die CONRAD-Lernplattform verfügt die Universität über ein effizientes Unterrichtsmedium, das den systematischen Erwerb theoretischen radiologischen Wissens und die ständige Vertiefung dieses Wissens in den klinischen Kursen gewährleistet. Weitere deutsche Universitäten, die den Sachkundeerwerb noch nicht aktualisiert haben, könnten von dem Modell des elektronischen Sachkundeerwerbs profitieren.

5 Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Bundesrat. Verordnung zur Neuregelung der zahnärztlichen Ausbildung
Köln: Bundesanzeiger Verlag GmbH; 2019 [Zugriffsdatum 10.03.2021].
Available from:
[https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2019/0201-0300/270-19\(B\).pdf?__blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2019/0201-0300/270-19(B).pdf?__blob=publicationFile&v=1).
2. Robert Koch I. Krebs in Deutschland für 2015/2016 2019 [updated
17.08.2020, Zugriffsdatum 15.03.2021]. Available from:
https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Krebs_in_Deutschland/kid_2019/krebs_in_deutschland_2019.pdf;jsessionid=4C9469A83BEBF759C4B14C80158B53D1.1_cid298?__blob=publicationFile.
3. Thomas PA, Kern DE, Hughes MT, Chen BY. Curriculum development
for medical education: a six-step approach: JHU Press; 2016.
4. McKimm J, Jollie C, Cantillon P. ABC of learning and teaching: Web
based learning. BMJ. 2003;326(7394):870-3.
5. Garland KV. E-learning vs. classroom instruction in infection control in a
dental hygiene program. J Dent Educ. 2010;74(6):637-43.
6. Ruiz JG, Mintzer MJ, Leipzig RM. The impact of e-learning in medical
education. Acad Med. 2006;81(3):207-12.
7. Grimes EB. Effectiveness of an online course in dental terminology. J
Dent Educ. 2001;65(3):242-7.
8. Grimes EB. Student perceptions of an online dental terminology course.
J Dent Educ. 2002;66(1):100-7.
9. Woo MA, Kimmick JV. Comparison of Internet versus lecture
instructional methods for teaching nursing research. J Prof Nurs.
2000;16(3):132-9.
10. Sitzmann T, Kraiger K, Stewart D, Wisher R. THE COMPARATIVE
EFFECTIVENESS OF WEB-BASED AND CLASSROOM INSTRUCTION: A
META-ANALYSIS. Personnel Psychology. 2006;59(3):623-64.
11. Hart JK. Self-directed learning program and the library: supporting
instructors in development of multimedia instructional programs. Bull Med Libr
Assoc. 1994;82(4):434-6.

12. Pahinis K, Stokes CW, Walsh TF, Tsitrou E, Cannavina G. A blended learning course taught to different groups of learners in a dental school: follow-up evaluation. *J Dent Educ.* 2008;72(9):1048-57.
13. R Core Team: R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2020.
14. Revelle W. psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research. R package version 2.0.12 ed. Evanston, Illinois: Northwestern University; 2020.
15. Joshi AS, Ganjiwale JD, Varma J, Singh P, Modi JN, Singh T. Qualitative Assessment of Learning Strategies among Medical Students Using Focus Group Discussions and In-depth Interviews. *Int J Appl Basic Med Res.* 2017;7(Suppl 1):S33-S7.
16. Gormley GJ, Collins K, Boohan M, Bickle IC, Stevenson M. Is there a place for e-learning in clinical skills? A survey of undergraduate medical students' experiences and attitudes. *Med Teach.* 2009;31(1):e6-12.
17. Chan AKM, Botelho MG, Lam OLT. The relation of online learning analytics, approaches to learning and academic achievement in a clinical skills course. *Eur J Dent Educ.* 2020.
18. Svirko E, Mellanby J. Teaching neuroanatomy using computer-aided learning: What makes for successful outcomes? *Anat Sci Educ.* 2017;10(6):560-9.
19. Tan PL, Hay DB, Whaites E. Implementing e-learning in a radiological science course in dental education: a short-term longitudinal study. *J Dent Educ.* 2009;73(10):1202-12.
20. Kavadella A, Tsiklakis K, Vougiouklakis G, Lionarakis A. Evaluation of a blended learning course for teaching oral radiology to undergraduate dental students. *Eur J Dent Educ.* 2012;16(1):e88-95.
21. Hadley J, Kulier R, Zamora J, Coppus SF, Weinbrenner S, Meyerrose B, et al. Effectiveness of an e-learning course in evidence-based medicine for foundation (internship) training. *J R Soc Med.* 2010;103(7):288-94.
22. Parker-Autry CY, Shen E, Nance A, Butler T, Covarrubias JB, Varner RE, et al. Validation and Testing of an E-Learning Module Teaching Core Urinary Incontinence Objectives in a Randomized Controlled Trial. *Female Pelvic Med Reconstr Surg.* 2019;25(2):188-92.

23. Yao K, Uedo N, Muto M, Ishikawa H, Cardona HJ, Filho ECC, et al. Development of an E-learning System for the Endoscopic Diagnosis of Early Gastric Cancer: An International Multicenter Randomized Controlled Trial. *EBioMedicine*. 2016;9:140-7.
24. Woelber JP, Hilbert TS, Ratka-Kruger P. Can easy-to-use software deliver effective e-learning in dental education? A randomised controlled study. *Eur J Dent Educ*. 2012;16(3):187-92.
25. Weih M, Triebner S, Heckmann J, Segarra L, Hahn E, Kornhuber J. [E-learning about dementia: a randomized study]. *Fortschr Neurol Psychiatr*. 2008;76(8):465-9.
26. Abbasi P, Mohammad-Alizadeh Charandabi S, Mirghafourvand M. Comparing the effect of e-learning and educational booklet on the childbirth self-efficacy: a randomized controlled clinical trial. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2018;31(5):644-50.
27. Chin RY, Tjahjono R, Rutledge MJR, Lambert T, Deboever N. The evaluation of e-learning resources as an adjunct to otolaryngology teaching: a pilot study. *BMC Med Educ*. 2019;19(1):181.
28. Alnabelsi T, Al-Hussaini A, Owens D. Comparison of traditional face-to-face teaching with synchronous e-learning in otolaryngology emergencies teaching to medical undergraduates: a randomised controlled trial. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2015;272(3):759-63.
29. Moreira IC, Ventura SR, Ramos I, Rodrigues PP. Development and assessment of an e-learning course on breast imaging for radiographers: a stratified randomized controlled trial. *J Med Internet Res*. 2015;17(1):e3.
30. Ludwig B, Bister D, Schott TC, Lisson JA, Hourfar J. Assessment of two e-learning methods teaching undergraduate students cephalometry in orthodontics. *Eur J Dent Educ*. 2016;20(1):20-5.
31. Mehrdad N, Zolfaghari M, Bahrani N, Eybpoosh S. Learning outcomes in two different teaching approach in nursing education in Iran: e-learning versus lecture. *Acta Med Iran*. 2011;49(5):296-301.
32. Velan GM, Goergen SK, Grimm J, Shulruf B. Impact of Interactive e-Learning Modules on Appropriateness of Imaging Referrals: A Multicenter, Randomized, Crossover Study. *J Am Coll Radiol*. 2015;12(11):1207-14.
33. da Costa Vieira RA, Lopes AH, Sarri AJ, Benedetti ZC, de Oliveira CZ. Oncology E-Learning for Undergraduate. A Prospective Randomized Controlled Trial. *J Cancer Educ*. 2017;32(2):344-51.

34. Meckfessel S, Stuhmer C, Bormann KH, Kupka T, Behrends M, Matthies H, et al. Introduction of e-learning in dental radiology reveals significantly improved results in final examination. *J Craniomaxillofac Surg*. 2011;39(1):40-8.
35. Howerton WB, Jr., Platin E, Ludlow J, Tyndall DA. The influence of computer-assisted instruction on acquiring early skills in intraoral radiography. *J Dent Educ*. 2002;66(10):1154-8.
36. Vuchkova J, Maybury T, Farah CS. Digital interactive learning of oral radiographic anatomy. *Eur J Dent Educ*. 2012;16(1):e79-87.
37. Shah R, Cunningham SJ. Implementation of the virtual learning environment into a UK orthodontic training programme: the postgraduate and lecturer perspective. *Eur J Dent Educ*. 2009;13(4):223-32.
38. Pilcher ES. Students' evaluation of online course materials in fixed prosthodontics: a case study. *Eur J Dent Educ*. 2001;5(2):53-9.
39. Shaffer K, Small JE. Blended learning in medical education: use of an integrated approach with web-based small group modules and didactic instruction for teaching radiologic anatomy. *Acad Radiol*. 2004;11(9):1059-70.
40. Boberick KG. Creating a web-enhanced interactive preclinic technique manual: case report and student response. *J Dent Educ*. 2004;68(12):1245-57.
41. Laing Gibbard L, Salajan F. A novel interactive online module in a traditional curriculum through a blended learning approach 2009.
42. Linjawi AL, Hamdan AM, Perryer DG, Walmsley AD, Hill KB. Students' attitudes towards an on-line orthodontic learning resource. *European Journal of Dental Education*. 2009;13(2):87-92.
43. Farah CS, Maybury T. Implementing digital technology to enhance student learning of pathology. *Eur J Dent Educ*. 2009;13(3):172-8.
44. Durham JA, Brettell S, Summerside C, McHanwell S. Evaluation of a virtual anatomy course for clinical undergraduates. *Eur J Dent Educ*. 2009;13(2):100-9.
45. Ariana A, Amin M, Pakneshan S, Dolan-Evans E, Lam AK. Integration of Traditional and E-Learning Methods to Improve Learning Outcomes for Dental Students in Histopathology. *J Dent Educ*. 2016;80(9):1140-8.

46. Finley JP, Sharratt GP, Nanton MA, Chen RP, Roy DL, Paterson G. Auscultation of the heart: a trial of classroom teaching versus computer-based independent learning. *Med Educ.* 1998;32(4):357-61.
47. Morgan DL. Practical strategies for combining qualitative and quantitative methods: applications to health research. *Qual Health Res.* 1998;8(3):362-76.
48. Ferber J, Schneider G, Havlik L, Heuft G, Friederichs H, Schrewe FB, et al. [Blended-learning in psychosomatics and psychotherapy - Increasing the satisfaction and knowledge of students with a web-based e-learning tool]. *Z Psychosom Med Psychother.* 2014;60(4):310-23.
49. Abarghouie MHG, Omid A, Ghadami A. Effects of virtual and lecture-based instruction on learning, content retention, and satisfaction from these instruction methods among surgical technology students: A comparative study. *J Educ Health Promot.* 2020;9:296.
50. Ginns P, Ellis R. Quality in blended learning: Exploring the relationships between on-line and face-to-face teaching and learning. *The Internet and Higher Education.* 2007;10(1):53-64.
51. Kim J, Coolen J. A Prospective Cohort Study Using e-Learning Modules as a Supplemental Teaching Resource for Obstetrics and Gynaecology Clerkship Students. *J Obstet Gynaecol Can.* 2015;37(9):819-23.
52. Edmond M, Neville F, Khalil HS. A comparison of teaching three common ear, nose, and throat conditions to medical students through video podcasts and written handouts: a pilot study. *Adv Med Educ Pract.* 2016;7:281-6.
53. Seidlein AH, Bettin H, Franikowski P, Salloch S. Gamified E-learning in medical terminology: the TERMIinator tool. *BMC Med Educ.* 2020;20(1):284.
54. Bock A, Kniha K, Goloborodko E, Lemos M, Rittich AB, Mohlhenrich SC, et al. Effectiveness of face-to-face, blended and e-learning in teaching the application of local anaesthesia: a randomised study. *BMC Med Educ.* 2021;21(1):137.
55. Bloomfield JG, Jones A. Using e-learning to support clinical skills acquisition: exploring the experiences and perceptions of graduate first-year pre-registration nursing students - a mixed method study. *Nurse Educ Today.* 2013;33(12):1605-11.
56. Asiry MA. Dental students' perceptions of an online learning. *Saudi Dent J.* 2017;29(4):167-70.

57. Di Marco L, Venot A, Gillois P. Does the acceptance of hybrid learning affect learning approaches in France? *J Educ Eval Health Prof.* 2017;14:24.
58. Brumini G, Spalj S, Mavrinc M, Biocina-Lukenda D, Strujic M, Brumini M. Attitudes towards e-learning amongst dental students at the universities in Croatia. *Eur J Dent Educ.* 2014;18(1):15-23.
59. Sawras M, Khosa D, Lissemore K, Duffield T, Defarges A. Case-Based e-Learning Experiences of Second-Year Veterinary Students in a Clinical Medicine Course at the Ontario Veterinary College. *J Vet Med Educ.* 2020;47(6):678-94.
60. Ryan M, Carlton KH, Ali NS. Evaluation of traditional classroom teaching methods versus course delivery via the World Wide Web. *J Nurs Educ.* 1999;38(6):272-7.
61. Bundesgesetzblatt. Verordnung zur Neuregelung der zahnärztlichen Ausbildung 2019 [Zugriffsdatum 10.03.2021]. Bundesanzeiger Verlag. Available from:
[https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=/*\[@attr id=%27bgbl119s0933.pdf%27\]#_bgbl_%2F%2F*%5B%40attr id%3D%27bgbl119s0933.pdf%27%5D_1615545239655](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=/*[@attr id=%27bgbl119s0933.pdf%27]#_bgbl_%2F%2F*%5B%40attr id%3D%27bgbl119s0933.pdf%27%5D_1615545239655).

6 Anhang

Universitätsklinikum Düsseldorf



Studie zur Qualitätssteigerung und -Sicherung in der curricularen Neustrukturierung: „Klinik und Poliklinik für ZMK“

Welche Kurse haben Sie bereits absolviert?

Identifikationsnummer:

Datum:

Klinisches Semester:

Bitte nur ein Kreuz pro Frage setzen. Gewählte Antwortfelder ausschließlich mit Kreuz markieren. Zur Korrektur Feld vollständig schwärzen ■!

	Bestanden	Noch nicht teilgenommen	Kurs aktuell belegt
1. Röntgen-Vorlesung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Röntgen-Praktikum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. KFO-Technikkurs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. KFO 1-Kurs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. KFO 2-Kurs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Auscultando	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Practicando I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Practicando II	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. MKG-Vorlesung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. ZMK I-Vorlesung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anhang 1: Fragebogen zu absolvierten Kursen

**Studie zur Qualitätssteigerung und -Sicherung in der curricularen
Neustrukturierung: „Klinik und Poliklinik für ZMK“**

Evaluation des Online Atlas

Datum:

Identifikationsnummer:

Kursnummer:

Bitte nur ein Kreuz pro Frage setzen. Gewählte Antwortfelder ausschließlich mit Kreuz ☒ markieren. Zur Korrektur Feld vollständig schwärzen ■!

Ich stimme voll
und ganz zu
Ich stimme eher
zu
Ich stimme eher
nicht zu
Ich stimme gar
nicht zu
Keine Angabe

1. Die Struktur des Atlas war logisch.	<input type="checkbox"/>				
2. Die Informationstexte waren kompliziert.	<input type="checkbox"/>				
3. Die im Atlas gezeigten Pathologien waren klinisch relevant.	<input type="checkbox"/>				
4. Der Atlas hat mich neugierig gemacht.	<input type="checkbox"/>				
5. Ich habe selbstständig nach weiteren Informationen zu den gezeigten Erkrankungen gesucht.	<input type="checkbox"/>				
6. Gedruckte Röntgenbilder in konventionellen Lehrbüchern sind hilfreicher als der Atlas.	<input type="checkbox"/>				
7. Der Atlas ist geeignet, radiologische Diagnostik zu trainieren.	<input type="checkbox"/>				
8. Der Atlas ersetzt die Vorlesung nicht.	<input type="checkbox"/>				
9. Ich habe Gebrauch von interaktiven Tools (z. B. Notizbuch, eigene Annotationen) gemacht.	<input type="checkbox"/>				
10. Ich habe den persönlichen Austausch beim Lernen vermisst.	<input type="checkbox"/>				
11. Klinische Fotos zu den Röntgenbildern würden den Lerneffekt erhöhen.	<input type="checkbox"/>				
12. Interdisziplinäres Lernen der Histopathologie mittels zoombarer annotierter Bilder wäre wünschenswert.	<input type="checkbox"/>				

Anhang 2: Fragebogen zur Evaluation des Online-Atlas (Seite 1 von 2)

Bitte nur ein Kreuz pro Frage setzen. Gewählte Antwortfelder ausschließlich mit Kreuz ☒ markieren. Zur Korrektur Feld vollständig schwärzen ■!

	Ich stimme voll und ganz zu	Ich stimme eher zu	Ich stimme eher nicht zu	Ich stimme gar nicht zu	Keine Angabe
13. Bei der Nutzung des Atlas traten Probleme auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Ich habe den Atlas zur Klausurvorbereitung genutzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Ich habe im Atlas gestöbert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Die didaktische Kombination von Atlas und Vorlesung ist sinnvoll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Die Ladezeiten waren zu hoch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Das Lernen mit dem Atlas war effektiv.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Das Lernen mit dem Atlas hat nicht zum besseren Verständnis beigetragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Ich habe von sozialen Funktionen (z.B. Bild teilen, Frage an Dozent stellen) Gebrauch gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Ich würde den Atlas gern nach dem Studium weiter nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Die Zeit, in der ich den Atlas genutzt habe, war sinnvoll investiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Ich hatte Schwierigkeiten, mir die Informationen zu merken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Ich fand die Antworten von Dozenten auf die Fragen meiner Kommilitonen störend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Die Bedienung war kompliziert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Die Qualität der Inhalte war hoch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Die Bedienung war kompliziert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Die Qualität der Inhalte war hoch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anhang 3: Fragebogen zur Evaluation des Online-Atlas (Seite 2 von 2)

**Studie zur Qualitätssteigerung und -Sicherung in der curricularen
Neustrukturierung: „Klinik und Poliklinik für ZMK“**

Evaluation Einstellung zu digitalen Medien

Datum:

Identifikationsnummer:

Kursnummer:

Bitte nur ein Kreuz pro Frage setzen. Gewählte Antwortfelder ausschließlich mit Kreuz ☒ markieren. Zur Korrektur Feld vollständig schwärzen ■!

	Ich stimme voll und ganz zu	Ich stimme eher zu	Ich stimme eher nicht zu	Ich stimme gar nicht zu	Keine Angabe
1. Ich nutze das Internet sehr häufig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich fühle mich bei der Nutzung von online Inhalten unsicher.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich drucke mir digitale Texte zum Lesen aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich bin online in sozialen Netzwerken aktiv.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ich kenne mich mit Computern gut aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ich bereite mich für Klausuren am PC vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Ich lerne viel mit Sachbüchern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ich nutze iPad oder Handy bei der Klausurvorbereitung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Ich lerne lieber alleine als in der Gruppe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Mein Computer ist technisch veraltet (älter als 5 Jahre).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich habe schon an MOOCS (massive open online courses) teilgenommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Ich habe neben dem Atlas weitere E-Learning Inhalte im Studium genutzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anhang 4: Evaluation zur Einstellung zu digitalen Medien

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen, die mich im Erstellungsprozess meiner Dissertation begleitet und mit ihrer wertvollen Hilfe unterstützt haben, meinen herzlichen Dank aussprechen.

Besonderer Dank gilt meiner Doktormutter Frau PD Dr. Kathrin Becker für die Überlassung des Dissertationsthemas, ihren ausgezeichneten fachlichen Beistand und die hervorragende Betreuung bei der Konzeption, statistischen Analyse und Durchführung des Projektes. Ihr fortwährendes Engagement, ihre ausgezeichneten Ratschläge und interessanten Anregungen haben maßgeblich zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich mich auch herzlich bei Herrn Prof. Dr. Dieter Drescher für die Befürwortung des Themas, seine wertvollen Anregungen und seine Unterstützung im Rahmen meiner fachlichen und wissenschaftlichen Tätigkeit bedanken.

Mein Dank gilt auch Herrn PD Dr. Matthias Hofer für die Betreuung und seine fachliche Unterstützung in der ersten Phase meiner Arbeiten an der Dissertation.

Außerdem bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Jürgen Becker für die Mitwirkung bei der Konzeption der Studie sowie für die Integration des *E-Learning*-Projektes in die Lehrveranstaltungen der Kurse Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten.

Nicht zuletzt gebührt auch den Zahnmedizinierenden der Heinrich-Heine-Universität besonderer Dank für ihre Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie und die aufschlussreichen Rückmeldungen, die das Gelingen dieser Studie und das Verfassen der vorliegenden Arbeit entscheidend mitbestimmt haben.

Besonders herzlicher Dank gilt abschließend meiner Familie für ihre fortwährende Unterstützung und den emotionalen Rückhalt im gesamten Prozess der Doktorarbeit.