

FREDERIKE KOSSACK (Ruhr-Universität Bochum)

DANIELA KATTWINKEL (Ruhr-Universität Bochum)

BEATE BENDER (Ruhr-Universität Bochum)

**Praxisbericht: Potentiale adaptiven E-Learnings für die
Konstruktionslehre**

Herausgeber

BERND ZINN

RALF TENBERG

DANIEL PITTICH

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>

FREDERIKE KOSSACK / DANIELA KATTWINKEL / BEATE BENDER

Praxisbericht: Potentiale adaptiven E-Learnings für die Konstruktionslehre

ZUSAMMENFASSUNG: Konstruktionslehre besteht in Deutschland überwiegend aus frontalen Lehrveranstaltungsformaten, die durch Selbstlernphasen ergänzt werden. Bei diesen bestehenden Lehrformaten kann einerseits initiale Wissensheterogenität der Studierenden kaum berücksichtigt werden und andererseits verfügen nicht alle Teilnehmenden über die erforderliche Lernkompetenz für eine zielgerichtete Nutzung der Selbstlernphasen. Daher werden in diesem Beitrag die Potentiale einer adaptiven E-Learning Umgebung für eine personalisierte Lernunterstützung und Anleitung der Selbstlernphasen untersucht. Dazu werden sowohl die Bewertung durch Studierende von zwei prototypischen Implementierungen von adaptiven E-Learning Umgebungen als auch der Einfluss der Nutzung auf die Prüfungsergebnisse ausgewertet.

Schlüsselwörter: Konstruktionslehre, Personalisierung des Lernens, Adaptives E-Learning

Practice report: Potentials of adaptive e-learning for engineering design education

ABSTRACT: In Germany, engineering design education predominantly consists of frontal lecture formats that are supplemented by self-learning phases. With these existing teaching formats, on the one hand, initial knowledge heterogeneity of the students can hardly be considered and, on the other hand, not all participants have the necessary learning competence for a targeted use of the self-learning phases. Therefore, this paper examines the potential of an adaptive e-learning environment for personalized learning support and guidance of the self-learning phases. To this purpose, both the evaluation by students of two prototypical implementations of adaptive e-learning environments and the influence of their use on examination results are evaluated.

Keywords: Engineering Design Education, Adaptive e-learning, Personalization in higher education

1 Einleitung

Im Maschinenbau erfordern aktuelle Herausforderungen wie z.B. die Entwicklung nachhaltiger oder smarter Produkte hervorragend ausgebildete Konstruierende. Im Studium sind Veranstaltungen zur Konstruktionslehre curricular in den ersten Semestern verankert und werden von bis zu 500 Studierenden besucht. Diese Studierenden haben häufig heterogene (technische) Vorkenntnisse z.B. durch bereits absolvierte Praktika oder Berufsausbildungen vor Studienbeginn (Eckert et al. 2015). Die dabei erlangten Kompetenzen sind jedoch entscheidend für den Fachkompetenzerwerb in der Konstruktionslehre (Žeželj und Miler 2018). Meist besteht der Gesamtaufwand der Lehrveranstaltungen in der Konstruktionslehre für die Studierenden jeweils zur Hälfte aus frontalen Lehrformaten und Selbstlernphasen (Albers et al. 2012; WiGeP e.V. 2018). Eine im Jahr 2022 an der Ruhr-Universität Bochum (RUB) durchgeführte Studie in der Konstruktionslehre zeigt, dass es für Studierende herausfordernd ist, diese Selbstlernphasen zu gestalten und eine initial bestehende Wissensheterogenität in der Konstruktionslehre nicht ausgeglichen werden kann (Kossack und Bender 2022). Eine Möglichkeit zur Reduzierung dieser Wissensheterogenität ist die Nutzung von E-Learning zur Unterstützung der Selbstlernprozesse der Studierenden mit digitalen Medien. Um auf die individuellen Bedürfnisse und Fähigkeiten der Lernenden einzugehen und damit das Lernen effektiver und effizienter zu gestalten, eignet sich adaptives E-Learning. Die Potentiale von adaptivem E-Learning als personalisierte Lernunterstützung für die Selbstlernphase in der Konstruktionslehre werden in diesem Beitrag untersucht.

2 Theoretische Hintergrund und abgeleitete Hypothesen

Lange Zeit wurde das *Konstruieren* als kognitiv anspruchsvollste Tätigkeit, die von Menschen ausgeübt werden kann, angesehen und galt deshalb als eine Art Kunst, „die sich der Unterwerfung unter Regeln und Gesetzmäßigkeiten weitgehend entzieht und deren Kompetenzen [...] auch nicht systematisch lehrbar bzw. erlernbar seien“ (Bender 2004). Um das Konstruieren wissenschaftlich zu durchdringen, wurden präskriptive Konstruktionsmethodiken wie z.B. die VDI 2221 entwickelt, die den Konstruktionsprozess beschreiben und eine konstruktionsmethodische Aus- und Weiterbildung ermöglichen. Beim Konstruieren werden alle Informationen zu einem Produkt - ausgehend von einer konkreten Aufgabenstellung - erarbeitet, die zur Herstellung über die Nutzung bis zur Dokumentation erforderlich sind (VDI-Richtlinie 2221 Blatt 1). Die dafür zugrundeliegenden Kompetenzen erlernen Studierende in unterschiedlichen, sog. konstruktionsaffinen Fächern im Hochschulstudium. Diese beinhalten im Gegensatz zu konstruktionsrelevanten Grundlagen wie Werkstoffkunde oder Mechanik, das Konstruieren, also die unmittelbare Entwicklung von Produkten (Albers et al. 2012) Diese Fächer des Grundstudiums des Studiengangs Maschinenbau thematisieren das technische Zeichnen, die Auslegung von Maschinenelementen oder die methodische Vorgehensweise bei der Produktentwicklung (WiGeP e.V. 2018).

E-Learning ist ein vielgestaltiges gegenständliches und organisatorisches Arrangement von elektronischen Mitteln, Räumen und Verknüpfungen und kann individuell oder gemeinsam zum Lernen bzw. zur Kompetenzentwicklung und Bildung von Lernenden in selbstbestimmten Zeiten genutzt werden (Arnold et al. 2018). Adaptives E-Learning ist ein Ansatz zur bedarfsgerichteten Präsentation von Lernmaterialien (Rey 2009). Dabei wird basierend auf einer Einstufung der Benutzenden eine initiale Lernumgebung präsentiert. Während der Nutzung erfolgen weitere Messungen des Lernverhalts bzw. der Lerneigenschaften, um eine stetige Modifikation der Lernumgebung ohne weiteres Eingreifen des Nutzenden herbeizuführen, zum Beispiel durch eine algorithmengesteuerte Reaktion des Programms (Stoyanov und Kirschener 2004; Rey 2009; Kerr

2016; Schaumburg 2022). In Abgrenzung dazu ist bei adaptierbaren Programmen eine aktive Selektion von Inhalten während der Nutzung erforderlich. Dabei werden zum Beispiel Lerninhalte oder Schwierigkeitsniveaus durch die Nutzenden bewusst ausgewählt (Schaumburg 2022). Die *Lernumgebung* umfasst das gesamte Arrangement, „das zur Unterstützung von Lernprozessen planvoll gestaltet werden kann“, wie z.B. die Art und Weise der Darbietung des Lernmaterials (Niegemann et al. 2008). Digitale oder virtuelle Lernumgebungen bieten erweiterte didaktische Potentiale, durch die Möglichkeit der Vernetzung, Interaktivität und vor allem durch deren Adaptierbarkeit, die Fähigkeit Eingaben der Nutzenden auszuwerten und den weiteren Ablauf und die Ergebnisse anzupassen (Middendorf 2022). Lehrveranstaltungen mit Inhalten der Konstruktionslehre finden in der Regel zu Studienbeginn statt. Diese Veranstaltungen bestehen überwiegend aus frontalen Präsenzveranstaltungen und werden durch individuelle Selbstlernphasen ergänzt (Wi-GeP e.V. 2018; Albers et al. 2012). Im Übergang von Lernformen aus der Schule zur Hochschule ist das Selbstlernen für die Studierenden jedoch häufig herausfordernd. *Lernkompetenz* bedeutet, in der Lage zu sein, das eigene Lernen zu reflektieren, zu planen, zu gestalten und zu evaluieren (Arnold 2015). In den frontalen Präsenzlernphasen findet aufgrund der Gruppengröße von bis zu 500 Studierenden kaum Interaktion zwischen den Lernenden und den Lehrenden statt und individuelle Lernstände können nicht herangezogen werden (Pfäffli 2015). Obwohl gerade diese berücksichtigt werden müssten, da gerade technische Vorkenntnisse einen Einfluss auf den Fachkompetenzerwerb in der Konstruktionslehre haben (Žeželj und Miler 2018; Kannengiesser et al. 2015; Metraglia et al. 2015a; Metraglia et al. 2015b).

In eigenen Vorarbeiten wurde bereits eine adaptive E-Learning Umgebung für die individuelle Unterstützung und Strukturierung der Selbstlernphase vorgeschlagen (Kossack et al. 2022) und der Bedarf mittels einer empirischen Validierung entsprechender Forschungshypothesen im Jahr 2022 an der Ruhr-Universität Bochum spezifiziert (Kossack und Bender 2022). So konnte festgestellt werden, dass Studierende die Gestaltung der Selbstlernphasen ohne spezifische bzw. persönliche Anleitung aufgrund der vorhandenen Lernkompetenz als herausfordernd empfanden, da sie nur gelegentlich geeignete Lernmaterialien identifizieren konnten und es ihnen schwerfiel, ihren eigenen Wissenstand einzuschätzen. Außerdem bewerteten die Studierenden mit technischer Vorerfahrung, die dort erlangten Kompetenzen als hilfreich für ihren individuellen Kompetenzerwerb in der Konstruktionslehre. Studierende mit technischer Vorerfahrung schlossen in der schriftlichen Prüfung im Modul „*Konstruktionstechnik*“ nach zwei Semestern statistisch signifikant besser ab als Studierende ohne technische Vorerfahrung. Dabei wird als technische Vorerfahrung der Beginn oder Abschluss einer der folgenden Tätigkeiten verstanden: Technische Berufsausbildung, anderer technischer Studiengang, technisch ausgerichteter Schulabschluss, für den Studiengang relevantes Praktikum. Weitere Einflussfaktoren auf die Modulabschlussnote wurden jedoch nicht untersucht.

Die bisherige Forschung im Bereich des adaptiven E-Learnings fokussiert häufig die softwaretechnische Umsetzung (Fidalgo-Blanco et al. 2014) oder die Datensammlung (Mohammad Bagheri 2015; Radenkovic et al. 2009). Es konnte jedoch auch bereits der positive Einfluss der Nutzung einer adaptiven E-Learning Umgebung auf den Fachkompetenzerwerb gezeigt werden (Prusty und Russell 2011; Arsovic und Stefanovic 2020). Dabei ist bisher allerdings weder untersucht worden, inwieweit Herausforderungen bei der Gestaltung der Selbstlernphasen reduziert werden können, noch der Einfluss einer adaptiven E-Learning Umgebung auf die Abschlussnoten von initial wissensheterogenen Studierendengruppen. Die Potentiale einer adaptiven E-Learning Umgebung zur Nutzung in der Selbstlernphase für initial wissensheterogene Gruppen konnten so-

mit bisher nur exemplarisch in Vorstudien zu einem einzelnen Themengebiet der Konstruktions-technik (Kossack et al. 2023a und Kossack et al. 2023b) angerissen werden. Ziel des vorliegenden Beitrags ist die Untersuchung dieser Potentiale für die Konstruktionslehre umfassend darzustellen. Aufgrund der identifizierten Herausforderungen in der Konstruktionslehre und Möglichkeit zur individuellen bedarfsgerechten Präsentation von Lernmaterialien mittels einer adaptiven E-Learning Umgebungen werden folgende Hypothesen dafür formuliert:

- H1: Studierende bewerten eine adaptive Lernumgebung für die Selbstlernphase als hilfreich für den Kompetenzerwerb.
- H2: Eine adaptive Lernumgebung kann die identifizierten Herausforderungen für die Studierenden in der Selbstlernphase adressieren.
- H3: Die Nutzung einer adaptiven Lernumgebung führt zu einem Ausgleich initialer Wissensheterogenität in den Prüfungsergebnissen.
- H4: Die Nutzung einer adaptiven Lernumgebung führt zu besseren Prüfungsergebnissen.

3 Methodisches Vorgehen

Für die Untersuchung der Hypothesen wurden adaptive Lernumgebungen für zwei unterschiedlichen Themengebiete der Konstruktionstechnik (KT) an der RUB entwickelt, implementiert und Studierenden im WS 22/23 bzw. SS 23 zur Verfügung gestellt. Diese Lernumgebungen wurden von Studierenden der Studiengänge Maschinenbau und Sales Engineering und Product Management (ebenfalls ein Studiengang der Fakultät Maschinenbau) verwendet. Die Entwicklung und Implementierung werden in Abschnitt 3.1 zusammenfassend dargestellt. In Abschnitt 3.2 wird die Datenerhebung für die Untersuchung detailliert. Dazu werden die Fragebögen (Abschnitt 3.2.1) und die erfassten Klausurdaten (Abschnitt 3.2.2) beschrieben. In Abschnitt 3.3 wird die Stichprobe charakterisiert und abschließend in Abschnitt 3.4 die Datenauswertung mittels der statistischen Analysesoftware SPSS (IBM Corp. 2021) erläutert.

3.1 Entwicklung und Implementierung der adaptiven Lernumgebungen

Aufgrund der Herausforderungen für die Studierenden bei der Gestaltung der Selbstlernphase identifizierten Problematik soll die adaptive Lernumgebung zur Strukturierung und Anleitung von Lernaktivitäten in dieser Selbstlernphase genutzt werden. Dafür ist die Integration in die Gesamtveranstaltung als Lehr- und Lernaktivität in Ergänzung zu Vorlesungen und Übungen erfolgt. Das verwendete Vorgehen ist in Kossack et al. (2022) dargestellt.

Die Implementierung erfolgte in das genutzte Lernmanagementsystem Moodle (Moodle Contributors 2023), mittels der Aktivitäten *Lektion* und *Tests*. Die Aktivität *Lektion* ermöglicht einen individuellen Lernpfad auf Basis von automatisiert auswertbaren Verzweigungsfragen (vgl. Abb. 1). Diese Verzweigungsfragen sind geschlossene Fragetypen, wie Multiple-Choice oder offene Fragetypen wie Kurzantworten z.B. als numerische Eingaben. Dabei sind die Distraktoren oder die hinterlegten Lösungen bei Kurzantworten so entwickelt worden, dass die Auswahl dieser auf ein Defizit hindeutet, welches durch die Nutzung der integrierten Lernmaterialien gezielt behoben werden soll. Durch das Auswählen einer Antwortmöglichkeit erhält der Studierende ein Feedback und wird dann automatisch auf eine Inhaltsseite mit Lernmaterial weitergeleitet. Dabei werden Lernvideos oder H5P Inhalte (H5P Contributors 2022) direkt in die Lektion eingebunden. Die Aktivität *Lektion* wird mit einem Erreichen des Endes abgeschlossen.

Die Lernumgebung hat teilweise adaptierbare Anteile, da Studierende an manchen Verzweigungen sich bewusst dafür entscheiden müssen, ob sie weitere Informationen zu einem bestimmten Thema erhalten möchten. Für Berechnungen wird die Aktivität *Test* verwendet. Diese ermöglicht mittels des mathematischen Modules *STACK* (Moodle Contributors 2022) die Abfrage komplexer Rechenwege mit Berücksichtigung von Äquivalenzumformungen und Folgefehlern. Dabei wird über Fehlerbäume ein detailliertes Feedback gegeben. In diesem Feedback werden auch Lernmaterialien verlinkt oder empfohlen. Der Abschluss eines *Tests* erfolgt mittels einer Bewertung mit einer festgelegten Bestehensgrenze. Eine Wiederholung ist möglich, dabei werden jedoch anderer Fragen aus einem Fragenpool zufällig ausgewählt. Durch die Funktionen *Abschluss von Aktivitäten* und die *Voraussetzung*, dass eine andere Aktivität abgeschlossen sein muss, werden die einzelnen Aktivitäten zu einer Lernumgebung verknüpft. Die detaillierte Implementierung zu einer Lernumgebung ist in Kossack und Bender (2023) dargestellt.

Es wurden zwei adaptive Lernumgebungen (AdE-Le) zu unterschiedlichen Themengebieten der KT entwickelt und in Moodle implementiert (vgl. Tab. 1). In AdE-Le 1 werden Bemaßung, Passungen und Toleranzen thematisiert. Dieses Thema ist an der RUB in der Lehrveranstaltung KT A, die im Studienverlaufsplan im ersten Semester vorgesehen ist, verortet. Die Auswahl dieses Themengebietes basiert auf der Identifikation von großen Wissens- und Kompetenzunterschieden, gerade im Bereich der fertigungs- oder prüfunggerechten Bemaßung in vorherigen Jahrgängen. AdE-Le 1 ist in Moodle mittels fünf Lektionen (mit jeweils bis zu 60 Seiten, von denen die meisten Studierenden schätzungsweise 20 angezeigt bekommen) und zwei Tests implementiert.

Tab. 1: Entwickelte und Implementierte Lernumgebungen

Name	AdE-Le 1	AdE-Le 2
Themengebiet	Bemaßung, Passungen und Toleranzen	Festigkeitsnachweis und Auslegung von Schraubenverbindungen
Inhalt	Technisches Zeichnen	Rechnerische Auslegung von Maschinenelementen
Veranstaltung	Konstruktionstechnik A (KT A)	Konstruktionstechnik B (KT B)
Semester im Studienverlaufsplan	1. Semester	2. Semester
Umfang	Fünf Lektionen und zwei Tests	Zwei Lektionen und ein Test

In AdE-Le 2 werden der Festigkeitsnachweis und die Auslegung von Schraubenverbindungen im Bereich der rechnerischen Auslegung von Maschinenelementen thematisiert. Dieser Inhalt ist in der Lehrveranstaltung KT B an der RUB im zweiten Semester vorgesehen. Auch wenn der erfolgreiche Modulabschluss von KT A keine Voraussetzung für die Teilnahme an KT B ist, ist durch den ausschließlichen Beginn des Studiums zum Wintersemester davon auszugehen, dass die meisten Studierenden bereits die Lehrveranstaltung KT A im ersten Semester besucht haben. Bei dem konkreten Inhalt der Schraubenverbindungen haben die Studierenden bereits Schraubenverbindungen in KT A gestaltet und gezeichnet. Dadurch ist von einer wissenshomogeneren Ausgangssituation auszugehen als bei AdE-Le 1. AdE-Le 2 ist in Moodle mittels zwei Lektionen und einem Test implementiert.

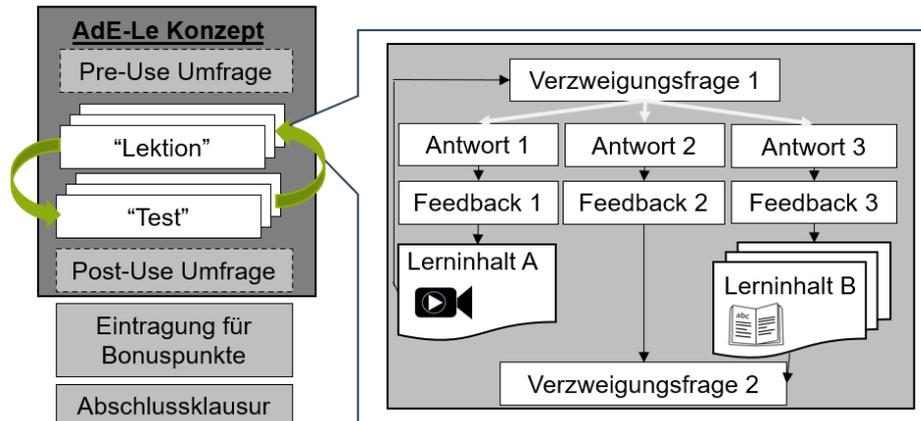


Abb. 1: Darstellung des Konzepts von AdE-Le mit Detaillierung der Aktivität *Lektion* und der Datenerhebung

3.2 Datenerhebung

Für die Datenerhebung wurden zwei Fragebögen in Moodle mittels der Aktivität *Umfrage* jeweils für AdE-Le 1 und 2 implementiert. Die Pre-Use Umfrage war direkt zu Beginn freigeschaltet, erst wenn Studierende diese ausgefüllt hatten, wurde die erste Aktivität freigeschaltet. Die Post-Use Umfrage war freigeschaltet, sobald alle Aktivitäten abgeschlossen wurden (vgl. Abb. 1). Die Daten der Fragebögen wurden jeweils anonym gespeichert. Dabei besteht kein Zusammenhang zwischen den jeweiligen Pre-Use und Post-Use Umfragen. Um den Studierenden einen Anreiz für die Teilnahme an der Post-Use Umfrage zu bieten, wurde nach Abschluss dieser Umfrage eine weitere Umfrage freigeschaltet. In diese konnten sich die Studierenden mit Namen und Matrikelnummer eintragen und haben dadurch für die gesamte Teilnahme einen Bonus auf die erreichten Punkte in der jeweiligen Modulabschlussklausur erhalten. Außerdem konnten die Studierenden in dieser Umfrage eine freiwillige Angabe zu ihrer technischen Vorerfahrung machen.

3.2.1 Entwicklung der Fragebögen

Die Pre-Use Umfrage wurde verwendet, um die Eignung der Stichprobe für die nachfolgenden Analysen festzustellen. Dazu wurde untersucht, inwieweit die Stichprobe von teilnehmenden Studierenden ähnliche Herausforderungen bei der Gestaltung der Selbstlernphase identifiziert hat, und inwieweit initial unterschiedliche technische Vorerfahrungen bei den Studierenden bestehen.

Das Ziel der Post-Use Umfrage ist die Untersuchung, inwieweit AdE-Le 1 und 2 die Zielsetzung erreichen, also den Wissensstand der Studierenden richtig erfassen, adäquates Feedback dazu geben und geeignete Lernmaterialien vorschlagen. Außerdem wurde in dieser Umfrage analysiert, inwieweit die Studierenden die Lernumgebung als hilfreich für die Selbstlernphase bewerten. Für die Abfrage von Meinung, Häufigkeit, Zustimmung oder Wahrscheinlichkeit werden gängige Rand- und Skalenpunkte mit fünf Punkten verwendet (Hollenberg 2016; Moosbrugger und Kelava 2012; Porst 2014). So wird zum Beispiel hinsichtlich der Beurteilung von AdE-Le mit folgendem Item nach Zustimmung gefragt: „AdE-Le hat mir hilfreiches Feedback auf meine ausgewählten und eingegebenen Antworten gegeben.“ Dazu werden die Antwortmöglichkeiten

„Trifft voll zu“ (1), „Trifft eher zu“ (2), „Teils-Teils“ (3), „Trifft eher nicht zu“ (5), „Trifft nicht zu“ (5) angezeigt.

3.2.2 Erfassung von Klausurdaten

Die schriftlichen Klausuren in der KT an der RUB bestehen jeweils aus fünf Aufgaben, wobei jede Aufgabe die Erreichung von Lernzielen zu einem anderen Themengebiet prüft. Da AdE-Le 1 bzw. 2 jeweils nur einen Teil der Themengebiete von KT A bzw. B adressieren, umfassen die Klausuren auch Aufgaben, deren Lernziele nicht von AdE-Le 1 in KT A bzw. AdE-Le 2 in KT B thematisiert werden. In KT A beinhalten zwei Klausuraufgaben die Themen aus AdE-Le 1. In der Klausur zu KT B thematisiert die vierte Aufgabe die Lernziele von AdE-Le 2 zur Auslegung von Schraubenverbindungen. In Aufg.5 wird die Zeichnung einer gelagerten Welle gefordert, darin wird ebenfalls eine Schraubenverbindung gezeichnet, so dass diese Aufgabe die Lernziele bedingt adressiert. Durch die nur teilweise Thematisierung der Lernziele ist eine Auswertung der Modulabschlussnote, wie in der dargestellten Vorstudie nicht sinnvoll, sondern die Klausurergebnisse werden in erreichten Punkten differenziert je Aufgabe aufgenommen und betrachtet. Die Vergabe von Bonuspunkten für den Abschluss von AdE-Le 1 bzw. 2 und die dafür erforderliche namentliche Eintragung ermöglicht die Untersuchung der Beziehung zwischen der Nutzung der Lernumgebungen und den Klausurergebnissen.

3.3 Beschreibung der Stichprobe

Alle ca. jeweils 350 Nutzer*innen der Moodlekurse zu den Lehrveranstaltungen KT A bzw. KT B der RUB konnten AdE-Le 1 bzw. 2 nutzen. 192 davon haben AdE-Le 1 begonnen und 106 haben alle Aktivitäten abgeschlossen. AdE-Le 2 haben 133 Studierende begonnen und 58 abgeschlossen (vgl. Tab. 2). Es liegt keine zufällig ausgewählte Stichprobe vor.

Tab. 2: Vorliegende Daten

Item	AdE-Le 1	AdE-Le 2
Teilnehmer*innen Pre-Use Umfrage (davon mit technischer Vorerfahrung)	192 (51)	133 (57)
Teilnehmer*innen Post-Use Umfrage (davon mit technischer Vorerfahrung)	106 (23)	58 (22)

Die Anzahl der Studierenden, die die Lernumgebung begonnen, aber nicht beendet haben, ist mit 45% bei AdE-Le 1 und 57% bei AdE-Le 2 hoch. Diese sind einerseits mit den insgesamt hohen Abbruchquoten in den Studiengängen von ca. 50% und andererseits damit zu erklären, dass keine Pflicht zur Teilnahme an dem Modul zu einem bestimmten Zeitpunkt besteht und Studierende sich daher kurzfristig gegen eine Teilnahme an der Klausur und damit auch eine Beschäftigung mit den Inhalten entscheiden.

Die Auswertung der Pre-Use Umfrage von AdE-Le zeigt, dass Studierende mit einer technischen Vorerfahrung deutlich mehr für den Kompetenzerwerb relevanten Tätigkeit, wie die Herstellung

eines Bauteils mittels Urformen, Bearbeitung eines Bauteils mittels unterschiedlicher spanenden Fertigungsverfahren oder die Montage eines Lagers oder einer Welle-Nabe-Verbindung, bereits selbst ausgeführt oder gesehen haben. Selbst bei der gleichen Art der technischen Vorerfahrung, wie der Absolvierung des Praktikums für den Studiengang Maschinenbau, haben die Studierenden sehr unterschiedliche tatsächliche Erfahrungen gesammelt. Daher liegt in der vorliegenden Stichprobe eine große initiale Wissensheterogenität vor, wobei von einem Vorteil für den Fachkompetenzerwerb für Studierende mit einer technischen Vorerfahrung auszugehen ist. Außerdem wird in beiden Pre-Use Umfragen deutlich, dass die Studierenden die gleichen Herausforderungen hinsichtlich der Gestaltung der Selbstlernphase haben, die in der Vorstudie identifiziert wurden. Studierende finden z.B. nur gelegentlich geeignete Lernmaterialien für die Selbstlernphase (mit einem Mittelwert von 2,93 für KT A und 3,18 für KT B (1= Immer, 5 = Nie)), wenn sie danach gesucht haben, obwohl im Rahmen der Lehrveranstaltungen auf eine große Anzahl an Literatur mit Aufgaben verwiesen wird.

Die prozentuale Anzahl der Teilnehmer*innen an der Post-Use Umfrage von AdE-Le 1 bzw. 2 mit technischer Vorerfahrung ist gerade bei AdE-Le 1 mit ca. 21 % deutlich geringer als in der Vorstudie mit 46 %. Besonders die Anzahl der Studierenden mit dem für das Studium relevanten Praktikum ist geringer. Ein Grund dafür könnten die pandemiebedingten Einschränkungen sein, die es weniger Studierenden ermöglicht haben, ein Praktikum vor Studienbeginn zu absolvieren.

Für die Auswertung der Klausurergebnisse werden die Daten der jeweils ersten angebotenen Klausur, also in der vorlesungsfreien Zeit des Semesters nach der Nutzung von AdE-Le 1 und 2 verwendet. An der Klausur zu KT A im März 2023 haben 170 Studierende teilgenommen, davon haben 90 AdE-Le 1 genutzt und an der Klausur zu KT B im September 2023 haben 171 Studierende teilgenommen, davon haben 47 AdE-Le 2 abgeschlossen. Die Verteilung der technischen Vorerfahrung unter diesen Nutzer*innen ist in Abb. 2 dargestellt.

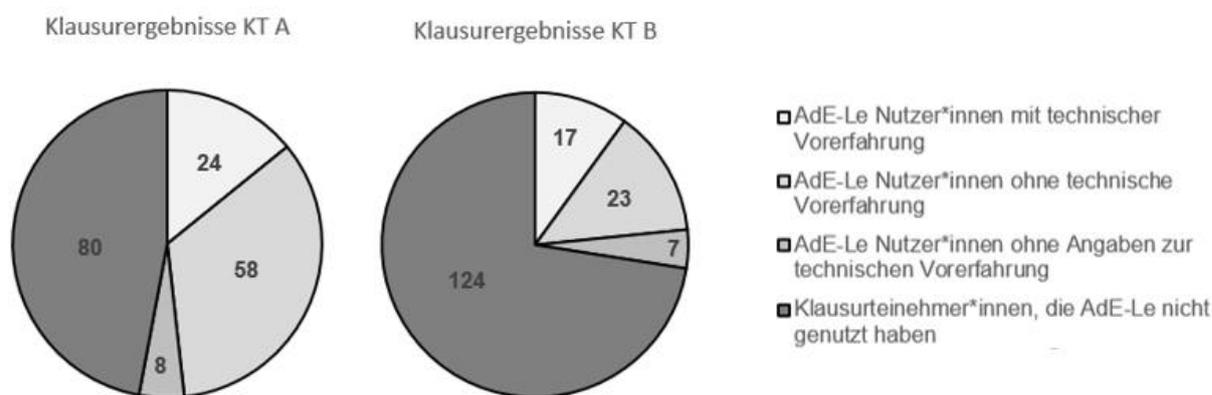


Abb. 2: Anzahl an vorliegenden Klausurergebnissen zu den Klausuren KT A und KT B

3.4 Auswertung der Daten

Für die Untersuchung der Hypothesen H1 und H2 werden die relevanten Items der Post-Use Umfrage der Lernumgebungen mittels deskriptiver Statistik ausgewertet (vgl. Tab. 3).

Bei der Auswertung der Klausurergebnisse für die Untersuchung der Hypothesen H3 und H4 werden Aufgaben mit Lernzielen adressiert von AdE-Le 1 bzw. 2, verglichen mit Aufgaben zu anderen Themengebieten.

Tab. 3: Übersicht zur Auswertung der Daten

Hypothese	Datenquelle	Auswertungsmethode
<u>H1</u> : Studierende bewerten eine adaptive Lernumgebung für die Selbstlernphase als hilfreich für den Kompetenzerwerb.	Post-Use Umfrage zu AdE-Le 1 und 2	Deskriptive Statistik und Bildung des Mittelwertindex der relevanten Items
<u>H2</u> : Eine adaptive Lernumgebung kann die identifizierten Herausforderungen für die Studierenden in der Selbstlernphase adressieren.	Post-Use Umfrage zu AdE-Le 1 und 2	Deskriptive Statistik und Bildung des Mittelwertindex der relevanten Items
<u>H3</u> : Die Nutzung einer adaptiven Lernumgebung führt zu einem Ausgleich initialer Wissensheterogenität in den Prüfungsergebnissen.	Klausurergebnisse KT A aus dem WS 22/23 und KT B aus dem SS 23	Mann-Whitney-U Test Testgruppen: N1=Nutzer*innen mit technischer Vorerfahrung und N2=Nutzer*innen ohne technische Vorerfahrung
<u>H4</u> : Die Nutzung einer adaptiven Lernumgebung führt zu besseren Prüfungsergebnissen.	Klausurergebnisse KT A aus dem WS 22/23 und KT B aus dem SS 23	Mann-Whitney-U Test Testgruppen: N1=Nutzer*innen AdE-Le 1 bzw. 2 und N2=Studierenden, die AdE-Le 1 bzw. 2 nicht genutzt haben

Für die Untersuchung von H3 werden nur die Ergebnisse der Studierenden betrachtet bei denen Informationen über die technische Vorerfahrung vorliegen. Das sind ausschließlich Nutzer*innen von AdE-Le 1 bzw. 2, die Angaben zu ihrer technischen Vorerfahrung gemacht haben. Mögliche Gruppenunterschiede zwischen den Studierenden mit und ohne technischer Vorerfahrung werden mittels Mann-Whitney-U-Test mit einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ nach Döring und Bortz (2016) untersucht. Die Effektstärke wird nach Cohen (1991) eingeordnet.

Für die Untersuchung mit den vorliegenden Daten sind dabei folgende Voraussetzungen erforderlich, die vor der Auswertung überprüft werden:

- Voraussetzung 1: Die technische Vorerfahrung beeinflusst als einzige Variable signifikant die Modulabschlussnote.
- Voraussetzung 2: Es besteht kein Unterschied im Nutzungsverhalten der adaptiven Lernumgebung zwischen Studierenden mit und ohne technischer Vorerfahrung.
- Voraussetzung 3: Es besteht kein Unterschied in der Bewertung der adaptiven Lernumgebung durch die Studierenden mit und ohne technischer Vorerfahrung.

Für H4 werden ebenfalls die Klausurergebnisse der einzelnen Aufgaben betrachtet und mittels Mann-Whitney-U-Test ausgewertet. In diesem Fall werden jedoch die Ergebnisse von allen Klausurteilnehmern betrachtet und als Testgruppen die Nutzer*innen von AdE-Le 1 bzw. 2 und Studierenden, die AdE-Le 1 bzw. 2 nicht genutzt haben, verwendet.

Um den Einfluss der sehr unterschiedlichen Themen in den Aufgaben auf die Ergebnisse bei der Datenauswertung zu reduzieren, werden die erreichten Punkte in den Aufgaben zu den Lernzielen von AdE-Le 1 bzw. 2 summiert, ebenso die anderen Aufgaben.

4 Auswertung der Ergebnisse

Die Ergebnisdarstellung beginnt mit der Auswertung der beiden Post-Use Umfragen (Abschnitt 4.1). Danach folgt die Auswertung der Ergebnisse der Klausur zu KT A an der RUB für die Evaluation von AdE-Le 1 und der Klausur zu KT B für die Evaluation von AdE-Le 2 (Abschnitt 4.2).

4.1 Auswertung der Post-Use Fragebögen

Für die Untersuchung von H1, dass AdE-Le hilfreich für die Selbstlernphase ist, werden die Mittelwerte von zwei Items zur Einschätzung des Mehrwerts der Lernumgebungen analysiert (vgl. Tab. 4). Die Studierenden stimmen in beiden Post-Use Umfragen mit Mittelwerten von 1,75 und 1,79 überwiegend voll zu oder eher zu, dass sie ein solches Lernangebot gerne für alle Themen in der KT hätten. Mit einem Mittelwert von 1,78 stimmen die Studierenden bei AdE-Le 1 mehr zu als bei AdE-Le 2 mit einem Mittelwert von 2,13, dass die Lernumgebung ihre Selbstlernphasen sinnvoll unterstützt hat. Der Mittelwertindex aus diesen Items liegt bei 1,76 für AdE-Le 1 und 1,96 die AdE-Le 2.

Tab. 4: Mittlere Zustimmung (Standardabweichung) bei einer Skala von Trifft voll zu (1) bis Trifft nicht zu (5)

Item	AdE-Le 1 (N=106)	AdE-Le 2 (N=58)
Die Studierenden wünschen sich eine solche Lernumgebung für alle weiteren Themen der Konstruktionstechnik.	1,75 (0,84)	1,79 (0,95)
Die Studierenden empfinden eine solche Lernumgebung als sinnvoll für die Selbstlernphasen.	1,78 (0,84)	2,13 (0,84)
Mittelwertindex der Items zum Nutzen für die Selbstlernphase	1,76 (0,75)	1,96 (0,78)

Bei der Untersuchung von H2, dass AdE-Le die Herausforderungen der Selbstlernphase adressiert, sind zwei Items nur in der Post-Use Umfrage von AdE-Le 1 vorhanden (vgl. Items in Tab. 5), da die Präsentation von praxisnahen Informationen und relevantes Hintergrundwissen zur Fertigung und Montage von Bauteilen nur für AdE-Le 1 angestrebt wurde. Die Studierenden sind mit einem Mittelwert von 2,05 für AdE-Le 1 und einem Mittelwert von 2,36 der Meinung, dass AdE-Le ihren Wissensstand mindestens teilweise korrekt erfasst. Den Schwierigkeitsgrad der vorgeschlagenen Lernmaterialien als passend zum eigenen Leistungsstand bewerten die Studierenden mit einem Mittelwert von 1,99 für AdE-Le 1 und einem Mittelwert von 2,39 für AdE-Le 2 als eher zutreffend. Die Studierenden stimmen mit einem Mittelwert von 2,07 für AdE-Le 1 und einem Mittelwert von 2,2 für AdE-Le 2 eher zu, dass das Feedback zum eigenen Wissenstand hilfreich war. Die Studierenden stimmten insgesamt eher zu, dass AdE-Le 1 praxisnahen und fertigungsnahen Informationen präsentiert hat. In allen einzelnen Items stimmen die Studierenden der Funktionserfüllung bei AdE-Le 1 mehr zu als bei AdE-Le 2. Dieser Unterschied zeigt sich auch in dem Mittelwertindizes mit 2,07 für AdE-Le 1 und 2,32 für AdE-Le 2.

Tab. 5: Mittlere Zustimmung (Standardabweichung) der bei einer Skala von Trifft voll zu (1) bis Trifft nicht zu (5)

Item	AdE-Le 1 (N=106)	AdE-Le 2 (N=58)
Die adaptive Lernumgebung erfasst den Wissensstand der Studierenden.	2,05 (0,71)	2,36 (0,87)
Die adaptive Lernumgebung schlägt Lernmaterialien mit einem passenden Schwierigkeitsgrad für die Studierenden vor.	1,99 (0,86)	2,39 (0,87)
Die adaptive Lernumgebung gibt hilfreiches Feedback zum Wissensstand der Studierenden.	2,07 (0,88)	2,20 (0,81)
Die adaptive Lernumgebung präsentiert den Studierenden für die Lehrveranstaltung relevante Hintergrundinformationen zur Fertigung und Montage von Bauteilen.	2,17 (0,92)	Nicht im Fragebogen
Die adaptive Lernumgebung präsentiert den Studierenden praxisnahe Informationen	2,09 (0,98)	Nicht im Fragebogen
Mittelwertindex der Items zur Funktionserfüllung	2,07 (0,64)	2,32 (0,66)

4.2 Auswertung der Klausurergebnisse

Für die Untersuchung der Hypothese, dass die Nutzung einer adaptiven Lernumgebung zu einem Ausgleich initialer Wissensheterogenität führt, werden in Abschnitt 3.4 drei Voraussetzungen formuliert, die im Folgenden überprüft werden.

Für die Überprüfung der ersten Voraussetzung, inwieweit die technische Vorerfahrung als einzige Variable die Abschlussnote signifikant beeinflusst, wird eine Regressionsanalyse der in Kossack und Bender (2022) dargestellten Daten mit folgenden Variablen durchgeführt:

- Geschlecht der Studierenden,
- Art des Schulabschlusses,
- Studienjahr des Modulabschlusses,
- Vorhandensein einer technischen Vorerfahrung,
- Mittelwertindex zur Nutzung der Selbstlernphase (Exemplarische Items: Häufigkeit selbstständig geeignete Aufgaben zu finden, Zustimmung Unklarheiten eigenständig mit Lernmaterialien),
- Mittelwertindex zur Motivation zur Nutzung der Selbstlernphase (Exemplarische Items: Häufigkeit Lernmaterialien zu suchen, Häufigkeit Übungsaufgaben zu lösen).

Die Regressionsanalyse zeigt neben der Signifikanz zwischen einer vorhandenen technischen Vorerfahrung und der Modulabschlussnote, eine große Signifikanz zwischen der Modulabschlussnote und dem Studienjahr, in dem sich die Studierenden befinden (vgl. Tab. 6). Diese ist u.a. durch das Wiederholen der Module oder den Kompetenzerwerb im Verlauf des Studiums zu erklären. Um bei der Auswertung der Klausurdaten diesen Einfluss zu reduzieren, werden bei der Auswertung der Klausurdaten nur Datensätze von Studierenden im ersten Studienjahr betrachtet. Die Berücksichtigung weiterer der aufgeführten Einflussfaktoren bei der Auswertung der Klausurergebnisse ist aufgrund der durchgeführten Regressionsanalyse nicht notwendig.

Tab. 6: Lineare Regressionsanalyse von sechs Variablen auf die Modulabschlussnote in KT

Variable	Unstandardisiert	Standardisiert	Standardfehler
Konstante	3,381**		
Geschlecht	0,046	0,020	0,265
Schulabschluss	0,233	0,150	0,171
Studienjahr des Modulabschluss	1,111***	0,487***	0,253
Technische Vorerfahrung	0,672*	0,285*	0,261
Nutzungserfolg der Selbstlernphase	0,055	0,034	0,176
Motivation zur Nutzung der Selbstlernphase	0,255	0,091	0,310
R ²	0,358		
Korr R ²	0,288		
F (df=6;61)	5,119***		

*p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Für die Überprüfung der zweiten Voraussetzung, dass keine Unterschiede im Nutzungsverhalten zwischen Studierenden mit und ohne technische Vorerfahrung bestehen, werden Items der Post-Use Umfrage zum Nutzungsverhalten mittels Mann-Whitney-U-Test ausgewertet. Für das Item, wie häufig Studierende sich die in der Lernumgebung präsentierten Inhalte aufmerksam angeschaut haben bzw. bearbeitet haben, mit einer Skala von Immer (1) bis Nie (5), haben bei AdE-Le 1 Studierende ohne technische Vorerfahrung (Median = 3,0, Mittelwert 2,52) die Inhalte etwas häufiger genutzt als Studierende mit technischer Vorerfahrung (Median = 2,0, Mittelwert 2,56). Dieser Unterschied ist mit $U = 877,0$ ($N_1=83$, $N_2=23$), $z = -0,636$ und $p = 0,525$ nicht signifikant. Bei AdE-Le 2 haben ebenfalls Studierende ohne technische Vorerfahrung (Median = 3,0, Mittelwert 2,722) die Inhalte häufiger genutzt als Studierende mit technischer Vorerfahrung (Median = 3,0, Mittelwert 3,0455). Diese Unterschiede sind mit U ($N_1=36$, $N_2=22$) = 314,0, $z = -1,408$ und $p = 0,159$ ebenfalls nicht signifikant. Daher sind Unterschiede in den erlangten Fachkompetenzen von Nutzer*innen mit und ohne technische Vorerfahrung nicht auf ein unterschiedliches Nutzungsverhalten zwischen den beiden Testgruppen zurückzuführen.

Für die Überprüfung der dritten Voraussetzung, dass keine Unterschiede in der Funktionserfüllung für Studierende mit und ohne technische Vorerfahrung besteht, wird der Mittelwertindex zur Funktionserfüllung (vgl. Tab. 5) mittels Mann-Whitney-U-Test ausgewertet. Die Funktionserfüllung von AdE-Le 1 bewerten die Studierenden mit technischer Vorerfahrung mit einem Median von 2,0 und einem Mittelwert von 1,98 besser als die Studierenden ohne technische Vorerfahrung mit einem Median von 2,2 und einem Mittelwert von 2,10. Dieser Unterschied ist mit U ($N_1=83$, $N_2=23$) = 847, $z = -0,823$, $p = 0,410$ nicht signifikant. Bei AdE-Le 2 bestehen kaum Unterschiede. Die Studierenden mit technischer Vorerfahrung bewerten AdE-Le 2 mit einem Median von 2,33 und einem Mittelwert von 2,30 und die Studierenden ohne technische Vorerfahrung mit einem Median von ebenfalls 2,3 und einem Mittelwert von 2,33. Dieser Unterschied ist mit U ($N_1=26$, $N_2=22$) = 365, $z = -0,505$, $p = 0,613$ nicht signifikant.

Daher sind Unterschiede in den erlangten Fachkompetenzen von Nutzer*innen mit und ohne technische Vorerfahrung nicht auf eine unterschiedliche Eignung von AdE-Le 1 bzw. 2 für die Testgruppen zurückzuführen. Durch die Überprüfung der drei Annahmen können die vorliegenden Daten zur Untersuchung der Hypothese verwendet werden.

Bei den Ergebnissen zur Klausur KT A liegen zu 61 der 67 Nutzer*innen aus dem ersten Studienjahr Informationen über eine technische Vorerfahrung vor. Die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Test zu den Klausurpunkten zu KT A mit dem Gruppenvergleich zwischen Nutzer*innen von AdE-Le 1 mit und ohne technische Vorerfahrung sind in Tab. 7 dargestellt. In allen Aufgaben haben Nutzer*innen mit technischer Vorerfahrung durchschnittlich mehr Punkte erreicht. Diese Unterschiede sind für die Aufg. 1, 3 und 4 signifikant. Bei Aufg. 1 ist dieser Zusammenhang mit $r = 0,45$ mittel und bei den Aufg. 3 und 4 schwach.

Tab. 7: Mann-Whitney-U-Test zu den Klausurergebnissen KT A für H3

Aufgabe Klausur KT A	1	2	3	4	5
Themengebiet	Dreitafelprojektion	Axonometrische Ansichten	Schraubenverbindungen	Bemaßung	Passungen
Adressierung der Lernziele durch AdE-Le 1	nein	nein	nein	ja	ja
Median (Gruppe 1)	19	17,75	11,25	6,25	18
Median (Gruppe 2)	23,5	14,5	19,5	11,5	20
U (N1=44, N2=17)	154,5	364,5	232,0	243,5	306,0
z	-3,534	-.153	-2,286	-2,123	-1,096
p	<.001	.878	.022	.034	.273
r	0,45	-	0,29	0,27	-

Bei der Summierung der Punkte in den Aufg. 1-3 zeigt sich folgendes Ergebnis: Studierende mit einer technischen Vorerfahrung (Median = 55) haben gegenüber Studierenden ohne eine technische Vorerfahrung (Median = 43) signifikant mehr Punkte erreicht, $U (N1=44, N2=21) = 218,0$, $z=-2,510$, $p = 0,012$, $r=0,32$. Nach Cohen (1991) ist dieser Unterschied mittel. Bei der Summierung der Punkte in den Aufg. 4 und 5 haben Studierende mit einer technischen Vorerfahrung (Median = 29) gegenüber Studierende ohne eine technische Vorerfahrung (Median = 24,5) nicht signifikant mehr Punkte erreicht $U (N1=44, N2=21) = 260$, $z=-1,834$, $p=0,67$.

Bei den Ergebnissen zur Klausur KT B liegen zu 16 der 18 Nutz*innen aus dem ersten Studienjahr Informationen über eine technische Vorerfahrung vor. Die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Test zu den Klausurpunkten zu KT B mit dem Gruppenvergleich zwischen Nutzer*innen von AdE-Le 2 mit und ohne eine technische Vorerfahrung sind in Tab. 8 dargestellt. In allen Aufgaben haben Nutz*innen mit einer technischen Vorerfahrung mehr Punkte erreicht. Diese Unterschiede sind für die Aufg. 1 und 3 signifikant. Der Zusammenhang ist bei Aufg. 1 mit $r = 0,58$ stark und bei Aufg. 3 mit $r = 0,49$ gerade noch mittel. Bei der Summierung der Punkte in den Aufg. 1-3 und 5 haben Studierende mit technischer Vorerfahrung (Median = 59,5) gegenüber Studierenden ohne technische Vorerfahrung (Median = 48,5) nicht signifikant mehr Punkte erreicht, $U (N1=5, N2=11) = 14,0$, $z=-1,023$, $p = 0,306$.

Tab. 8: Mann-Whitney-U-Test zu den Klausurergebnissen KT B für H3

Aufgabe Klausur KT B	1	2	3	4	5
Themengebiet	Festigkeits- berechnung Träger	Auslegung Welle-Nabe- Verbindung	Auslegung Wälzlager	Auslegung Schrauben- verbindung	Zeichnung gelagerte Welle
Adressierung der Lernziele durch AdE-Le 2	nein	nein	nein	ja	Sehr wenig
Median (Gruppe 1)	24,5	11,5	22,5	3	48
Median (Gruppe 2)	19,5	15	20	5	38,5
U (N1=5, N2=11)	7,0	16,0	10,0	18,5	20,5
z	-2,329	-1,307	-1,985	-1,023	-.427
p	.020	.191	.047	.306	.427
r	0,58	-	0,49	-	-

Für die Überprüfung der Hypothese 4, dass die Nutzung einer adaptiven Lernumgebung zu besseren Prüfungsergebnissen führt, wird mittels Mann-Whitney-U-Test überprüft, inwieweit ein Unterschied zwischen den Studierenden besteht, die AdE-Le 1 bzw. 2 nicht genutzt haben und den Nutzer*innen. Der Gruppenvergleich wird für jede Aufgabe der Klausur zur KT A einzeln in Tab. 9 dargestellt.

Tab. 9: Mann-Whitney-U-Test zu den Klausurergebnissen KT A für H4

Aufgabe Klausur KT A	1	2	3	4	5
Themengebiet	Dreitafelpro- jektion	Axonometri- sche Ansich- ten	Schrauben- verbindungen	Bemaßung	Passungen
Adressierung der Lernziele durch AdE-Le 1	nein	nein	nein	ja	ja
Median (Gruppe 1)	20,5	14,5	13	7,5	18
Median (Gruppe 2)	18,25	10,5	7	0	7
U (N1=67, N2=46)	1458,5	1129,5	981,5	1089,5	877,0
z	-.483	-2,407	-3,275	-2,710	-3,886
p	.629	.016	.001	.007	<.001
r	-	0,22	0,30	0,25	0,37

Die ersten drei Klausuraufgaben prüfen Lernziele, die nicht von AdE-Le 1 thematisiert wurden. Bei Aufg.1 besteht kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Bei allen anderen Aufgaben besteht ein Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Dieser Unterschied ist bei Aufg.5 mit $r=0,37$ am größten und nach Cohen (1991) mittel. Bei der Summierung der Punkte der Aufg.1-3 haben Nutzer*innen (Median = 48) gegenüber Studierenden, die AdE-Le 1 (Median = 35,5) nicht genutzt haben, signifikant mehr Punkte erreicht, $U (N1=67, N2=46) = 1058,0$ $z=-2,820$, $p = 0,005$,

$r=0,26$. Nach Cohen (1991) ist dieser Unterschied klein. Bei der Summierung der Punkte der Aufg.4 und 5 haben Nutzer*innen (Median = 24) gegenüber Studierenden, die AdE-Le 1 (Median = 14,5) nicht genutzt haben, signifikant mehr Punkte erreicht, $U(N1=67, N2=46) = 754,5$ $z=-4,598$, $p<0,001$, $r=0,432$. Nach Cohen (1991) ist dieser Unterschied mittel.

Der Gruppenvergleich für die Ergebnisse der Klausur KT B ist in Tab. 10 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass bei allen Aufgaben ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Teilnahme an AdE-Le 2 und den erreichten Punkten besteht. Die Effektstärke ist jedoch bei der Aufgabe, deren Lernziele von AdE-Le 2 adressiert wurden mit $r = 0,582$ nach Cohen (1991) stark, wohingegen die Effektstärken bei allen anderen Aufgaben schwach bis mittel ausgeprägt sind.

Tab. 10: Mann-Whitney-U-Test zu den Klausurergebnissen KT B für H4

Aufgabe Klausur KT B	1	2	3	4	5
Themengebiet	Festigkeitsberechnung Träger	Auslegung Welle-Nabe-Verbindung	Auslegung Wälzlager	Auslegung Schraubenverbindung	Zeichnung gelagerte Welle
Adressierung der Lernziele durch AdE-Le 2	nein	nein	nein	ja	Sehr wenig
Median (Gruppe 1)	22	13,25	20,75	5	39,75
Median (Gruppe 2)	15,5	8,25	9,25	0	25,25
U (N1=18, N2=46)	209,0	270,0	226,5	134,0	211,5
z	-3.221	-2.338	-2.967	-4.729	-3.176
p	.001	.019	.003	<.001	.001
r	0,39	0,28	0,365	0,582	0,39

Bei der Summierung der Punkte der Aufg.1-3 und 5, haben Nutzer*innen (Median = 55,25) gegenüber Studierenden, die AdE-Le 2 nicht genutzt haben (Median = 35,5), signifikant mehr Punkte erreicht, $U(N1=67, N2=46) = 155,0$ $z=-3,989$, $p < 0,001$, $r=0,49$. Nach Cohen (1991) ist dieser Unterschied gerade noch als mittel einzuschätzen.

5 Diskussion

In diesem Abschnitt werden die in vier in Abschnitt 3 aufgestellten Forschungshypothesen auf Basis, der in Abschnitt 4 dargestellten Ergebnisse untersucht. Anschließend werden allgemeine Limitation der Ergebnisse aufgezeigt.

- Die Hypothese H1 „Studierende bewerten eine adaptive Lernumgebung für die Selbstlernphase als hilfreich für den Kompetenzerwerb“ kann aufgrund der Zustimmung zu den Items in Tab. 4 angenommen werden. Die Daten zeigen darüber hinaus, dass die Studierenden AdE-Le 1 durchschnittlich als hilfreicher bewerten.
- Die Hypothese H2 „Eine adaptive Lernumgebung kann die identifizierten Herausforderungen für die Studierenden in der Selbstlernphase adressieren“ kann aufgrund der Zustimmung zu den Items in den Tab. 5 ebenfalls angenommen werden. Auch bei diesen Items stimmen die Studierenden den Aussagen für AdE-Le 1 stärker zu als für AdE-Le 2.

- Für die Hypothese H3 „Die Nutzung einer adaptiven Lernumgebung führt zu einem Ausgleich initialer Wissensheterogenität in den Prüfungsergebnissen“ besteht folgende Nullhypothese: *„Bei den Nutzer*innen von AdE-Le 1 bzw. 2 besteht kein Unterschied in den Klausurergebnissen zwischen den Studierenden mit und ohne technischer Vorerfahrung.“* Bei einem Signifikanzniveau von 5% wird diese Hypothese bei den Ergebnissen der Klausur zu KT A für Aufg.4 verworfen, obwohl deren Lernziele von AdE-Le 1 adressiert werden. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang mit schwacher Effektstärke zwischen der technischen Vorerfahrung der Nutzer*innen und den Klausurpunkten. Klausuraufgaben, deren Lernziele nicht von AdE-Le 1 adressiert werden, weisen bei Aufg.1 und 3 einen signifikanten Zusammenhang zwischen der technischen Vorerfahrung und den Klausurergebnissen mit einer mittleren Effektstärke für Aufg.1 und einer schwachen Effektstärke für Aufg.3 auf. Die Summierung der Punkte der Aufgaben, deren Lernziele von AdE-Le 1 adressiert werden (Aufg. 4 und 5), zeigt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den erreichten Punkten und einer technischen Vorerfahrung. Klausuraufgaben, deren Lernziele nicht von AdE-Le 1 thematisiert werden (Aufg.1-3), weisen jedoch einen signifikanten Zusammenhang mit mittlerer Effektstärke auf. Bei den Klausurergebnissen zur Klausur KT B wird die Nullhypothese für die Aufgabe, deren Lernziele von AdE-Le 2 adressiert werden (Aufg. 4) angenommen. Allerdings wird die Nullhypothese auch für die Aufg.5, deren Lernziele nur sehr wenig von AdE-Le 2 adressiert werden und für Aufg.2, deren Lernziele nicht von AdE-Le 2 adressiert werden, angenommen. Bei den Aufg.1 und 3, deren Lernziele nicht von AdE-Le 2 adressiert werden, wird die Nullhypothese verworfen und es besteht ein Zusammenhang zwischen der technischen Vorerfahrung und den erreichten Punkten. Bei der Summierung der Punkte in den Aufgaben, deren Lernziele nicht von AdE-Le 2 adressiert werden (Aufg. 1, 2, 3 und 5) besteht jedoch kein signifikanter Zusammenhang. Die Ergebnisse der Summierung der Punkte von Aufgaben der Klausur KT A deren Lernziele von AdE-Le 1 adressiert werden im Vergleich mit der Summe der Aufgaben, deren Lernziele nicht adressiert werden ermöglicht die Annahme der Forschungshypothese. Die Ergebnisse der Auswertung der Klausurergebnisse von KT B bestätigt dies jedoch nicht. Die Stichprobe bei den Ergebnissen zur Klausur KT B ist jedoch mit Testgruppen von fünf und elf Studierenden klein, dies kann zu einem ungenauen und nicht repräsentativen Ergebnis führen. Außerdem ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen, dass die von AdE-Le 1 adressierte Thematik „Bemaßung, Passungen und Toleranzen“ praktische Kenntnisse zur Fertigung und Prüfung von Bauteilen erfordert. Diese Informationen sind speziell in die Lernumgebung integriert. Bei dem Thema „Auslegung von Schraubenverbindungen“ in AdE-Le 2 sind solche Kenntnisse weitaus weniger relevant.
- Für die Hypothese H4 „Die Nutzung einer adaptiven Lernumgebung führt zu besseren Prüfungsergebnissen“ besteht folgende Nullhypothese: *„In den Klausuraufgaben, deren Lernziele von AdE-Le 1 bzw. 2 thematisiert werden, besteht kein Unterschied zwischen den Nutzer*innen von AdE-Le 1 bzw. 2 und den Studierenden, die AdE-Le nicht genutzt haben.“* Bei einem Signifikanzniveau von 5% wird diese Hypothese für alle Aufgaben, deren Lernziele von AdE-Le 1 oder 2 thematisiert werden, verworfen. Es bestehen also signifikante Unterschiede in den erreichten Klausurpunkten zwischen Nutzer*innen und Studierenden, die AdE-Le 1 bzw. 2 nicht genutzt haben. Diese Unterschiede bestehen bei den Ergebnissen der Klausur zu KT A allerdings auch bei Aufg.2 und 3, deren Lernziele nicht von AdE-Le 1 thematisiert wurden, mit einer ähnlichen Effektstärke. Daher sind die besseren Klausurergebnisse nicht ausschließlich auf die Nutzung der Lernumgebung zurückzuführen, sondern auch zum Beispiel auf ein erhöhtes Interesse der Nutzer*innen an dem Fach oder eine insgesamt erhöhte Leistungsbe-

reitschaft. Bei einer Reduzierung des thematischen Einflusses der Aufgaben durch die Addition der erreichten Punkte in den thematisch gleichen Aufgaben wie AdE-Le 1 und den Aufgaben zu anderen Themen, zeigt sich der gleiche Zusammenhang: Nutzer*innen erreichen bessere Klausurergebnisse. Der Zusammenhang ist bei den Aufgaben, deren Lernziele von AdE-Le 1 adressiert werden, mit einer mittleren Effektstärke jedoch größer als bei den Aufgaben deren Lernziele nicht von AdE-Le 1 adressiert werden mit einer schwachen Effektstärke. Bei den Klausurergebnissen zu KT B besteht bei allen Klausuraufgaben ein signifikanter Unterschied zwischen den Nutzer*innen von AdE-Le 2 und den Studierenden, die AdE-Le 2 nicht genutzt haben. Die größte Effektstärke mit 0,58 besteht allerdings bei der Aufgabe deren Lernziele von AdE-Le 2 adressiert wurden. Bei den Aufgaben deren Lernziele nicht von AdE-Le 2 adressiert werden liegt die Effektstärke mit 0,28 bis 0,39 im schwachen bis mittlerem Bereich. Bei einer Summierung der Punkte in den Aufgaben deren Lernziele nicht von AdE-Le 2 adressiert werden liegt die Effektstärke im mittleren Bereich.

Insgesamt kann die Nullhypothese verworfen werden, die Unterschiede zwischen den Testgruppen bestehen allerdings auch bei anderen Klausuraufgaben und ist daher nicht ausschließlich auf die Nutzung von AdE-Le 1 bzw. 2 zurückzuführen. Die Effektstärke des Unterschieds ist jedoch bei den Aufgaben, deren Lernziele von AdE-Le 1 bzw. 2 adressiert werden größer als bei den Aufgaben deren Lernziele nicht von AdE-Le 1 bzw. 2 adressiert werden. Daher ist von einem positiven Einfluss auf den Fachkompetenzerwerb und damit auf die Prüfungsergebnisse auszugehen.

Die Datenerhebung und -auswertung von AdE-Le 1 und 2 unterlagen spezifischen Einschränkungen, die nachfolgend zusammenfassend beleuchtet werden. Zunächst wurde festgestellt, dass die der Ergebnisse der Umfragen stark von den entwickelten und implementierten Lernumgebungen abhängen. So sind AdE-Le 1 und 2 durch die begrenzte Anzahl an hinterlegten Lernpfaden und Lernmaterialien und die begrenzten Möglichkeiten der automatisiert auswertbaren Kompetenzerfassung eingeschränkt. Dennoch empfinden die Studierenden selbst diese einfache Implementierung einer adaptiven Lernumgebung als hilfreich für den Kompetenzerwerb.

Durch die Vergabe von Bonuspunkten auf die Klausur wurden den Studierenden nicht nur motiviert Feedback zu den Lernumgebungen zu geben, sondern auch die Aktivitäten in Moodle möglichst schnell abzuschließen, ohne mit allen vorgeschlagenen Lerninhalten intensiv zu arbeiten. Die Zielsetzung des schnellen Abschließens der Lernumgebungen der Studierenden beeinflusst einerseits das Feedback, z.B. wie geeignet die vorgeschlagenen Lernmaterialien waren und andererseits die Auswertung der Klausurergebnisse. Nutzer*innen haben zwar alle Aktivitäten abgeschlossen, aber dabei nicht die Angebote der Lernumgebung zum Fachkompetenzerwerb bestmöglich genutzt.

Die Auswahl der Gruppe von Nutzer*innen ist nicht zufällig. Alle Teilnehmer*innen der Moodlekurse zu den Veranstaltungen konnten die Lernumgebung nutzen. Es ist also davon auszugehen, dass die interessierteren oder motivierteren Studierenden, oder die Studierenden, die grundsätzlich lieber mit E-Learning Materialien arbeiten die Lernumgebungen teilgenommen haben.

Bei dem Vergleich der Klausurergebnisse zwischen Nutzer*innen und Studierenden, die die Lernumgebungen nicht genutzt haben, sind diese Studierenden also nur eine eingeschränkt geeignete Kontrollgruppe. Damit könnte auch erklärt werden, dass die Nutzer*innen in allen Aufgaben der Klausuren mehr Punkte erreichen, nicht nur in denen, deren Lernziele durch die Lernumgebungen thematisiert werden.

Der Vergleich mit anderen Klausuraufgaben ist aufgrund der unterschiedlichen Themen als Vergleich ebenfalls bei dem Einfluss der technischen Vorerfahrung auf die Klausurergebnisse nur bedingt aussagekräftig, da keine Informationen vorliegen, inwieweit bei einem bestimmten Themengebiet überhaupt Unterschiede im Fachkompetenzerwerb in Abhängigkeit der technischen Vorerfahrung vorliegen. In Kossack und Bender (2022) wurde lediglich der allgemeine Zusammenhang zwischen der Modulabschlussnote nach einem Studienjahr gezeigt und nicht für einzelne Themengebiete detailliert. Außerdem basiert die Gruppierung auf einem absolvierten Praktikum, einer technischen Ausbildung, einem technischen Schulabschluss oder einem anderen technischen Studiengang und nicht auf tatsächlichem Wissen. Weiterhin wird bei dem Vergleich unterschiedlicher Klausuraufgaben die Position der jeweiligen Aufgabe nicht berücksichtigt. Studierenden beginnen tendenziell mit Aufgabe 1.

Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen von AdE-Le 1 und 2 können zum jetzigen Zeitpunkt nicht weiter erklärt werden. Durch die starke Abhängigkeit von der spezifischen verwendeten Entwicklung und Implementierung, sowie den Themengebieten können keine Aussagen getroffen werden wie: eine solche Lernumgebung scheint für das ersten Semester wichtiger als für das zweiten Semester oder eine solche Lernumgebung ist für Technisches Zeichnen mehr geeignet als für die Auslegung von Maschinenelementen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieses Beitrags werden die Potentiale adaptiven E-Learnings für die Konstruktionslehre untersucht. Für die Konstruktionslehre wurden in Vorarbeiten die Problematiken identifiziert, dass Studierende die Gestaltung der Selbstlernphase herausfordernd empfinden und mit den bestehenden überwiegend frontalen Lehrformaten und Selbstlernphasen initiale Wissensheterogenität in der Lehre nicht kompensiert werden kann. Um diesen Problematiken entgegenzuwirken wurde eine adaptive Lernumgebung entwickelt, für zwei unterschiedliche Lerninhalte umgesetzt (AdE-Le 1 und 2) und von Studierenden evaluiert. Die Auswertung dieser Evaluationsdaten und Klausurergebnisse zeigt, dass die Nutzer*innen diese Lernumgebungen als hilfreich für die Selbstlernphase empfinden, die Herausforderungen bei der Gestaltung der Selbstlernphase adressiert werden, die Nutzung zu besseren Prüfungsergebnissen führt und initiale Wissensheterogenität ausgeglichen werden kann. Dabei scheinen diese adaptiven Lernumgebungen jedoch gerade von den Studierenden genutzt zu werden, die insgesamt bessere Klausurergebnisse erzielen.

Für den weiteren Erkenntnisgewinn sollten die Lernumgebungen von weiteren Jahrgängen und auch an anderen Universitäten genutzt werden. Außerdem könnte die Entwicklung, Implementierung und Evaluation adaptiver Lernumgebungen zu weiteren Themengebieten und Inhalten genauere Aussagen zum spezifischen Nutzen adaptiver Lernumgebungen in konkreten Lernsituationen hervorbringen.

Literaturverzeichnis

- Albers, A.; Denkena, B.; Matthiesen, S. (2012): *Faszination Konstruktion. Berufsbild und Tätigkeitsfeld im Wandel*.
Arnold, P.; Kilian, L.; Thilloßen, A. M.; Zimmer, G. M. (2018): *Handbuch E-Learning. Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. 5. Auflage. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (utb Pädagogik, 4965).
Arnold, R. (2015): *Systemische Berufsbildung. Kompetenzentwicklung neu denken - mit einem Methoden-ABC*. 2., unveränderte Auflage. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH (Systhemia, Band 4).

- Arsovic, B.; Stefanovic, N. (2020): E-learning based on the adaptive learning model: case study in Serbia. In: *Sādhanā* 45 (1), S. 1927. DOI: 10.1007/s12046-020-01499-8.
- Bender, B. (2004): Erfolgreiche individuelle Vorgehensstrategien in frühen Phasen der Produktentwicklung. Düsseldorf: VDI-Verlag (Forschungsberichte VDI: Reihe 1, Konstruktionstechnik, Maschinenelemente, 377).
- Döring, N.; Bortz, J. (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Eckert, C.; Seifried, E.; Spinath, B. (2015): Heterogenität in der Hochschule aus psychologischer Sicht: Die Rolle der studentischen Eingangsvoraussetzungen für adaptives Lehren. In: Kathrin Rheinländer (Hg.): Ungleichheitssensible Hochschullehre, Bd. 11. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 257–274.
- VDI-Richtlinie 2221 Blatt 1, 2019: Entwicklung technischer Produkte und Systeme 0 Modell der Produktentwicklung.
- Fidalgo-Blanco, A.; Sein-Echaluce Maria Luisa; Garcia-Penalvo, F. J.; Conde-Gonzalez, M. A. (2014): Learning content management systems for the definition of adaptive learning environments. In: 2014 International Symposium on Computers in Education (SIIE). 12 - 14 Nov. 2014, Logroño, La Rioja, Spain. Piscataway, NJ: IEEE, S. 105–110.
- H5P Contributors (2022): H5P. Online verfügbar unter <https://h5p.org/>.
- Hollenberg, S. (2016): Fragebögen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- IBM Corp. (2021): IBM SPSS Statistics. Version 28.0. Armonk, NY.
- Kannengiesser, U.; Gero, J.; Wells, J.; Lammi, M. (2015): DO HIGH SCHOOL STUDENTS BENEFIT FROM PRE-ENGINEERING DESIGN EDUCATION? In: Proceedings of the 20th International Conference on Engineering Design (ICED15). International Conference on Engineering Design (ICED15). Milan, 27.-30.07.2015.
- Kerr, P. (2016): Adaptive learning. In: *ELTJ*. 70 (1), S. 88–93. DOI: 10.1093/elt/ccv055.
- Kossack, F.; Bender, B. (2022): Heterogeneous groups of students as a challenge in engineering design education. In: DS 119: Proceedings of the 33rd Symposium Design for X (DFX2022). Proceedings of the 33rd Symposium Design for X, 22 and 23 September 2022: The Design Society, S. 10.
- Kossack, F.; Bender, B. (2023): INDIVIDUALIZATION IN ENGINEERING DESIGN EDUCATION: IMPLEMENTATION OF AN ADAPTIVE E-LEARNING ENVIRONMENT (ADE-LE). In: *Proc. Des. Soc.* 3, S. 2295–2304. DOI: 10.1017/pds.2023.230.
- Kossack, F.; Kattwinkel, D.; Bender, B. (2022): Adaptive E-Learning for the Engineering Design Education at Ruhr-University Bochum. In: *Proc. Des. Soc.* 2, S. 2313–2322. DOI: 10.1017/pds.2022.234.
- Kossack, F.; Uttich, E.; Bender, B. (2023a) "Potential of adaptive e-learning for knowledge heterogenous groups of students in engineering design education" CELDA 2023 Proceeding IADIS, 2023
- Kossack, F., D. Kattwinkel, and B. Bender (2023b). "POTENTIALS OF INDIVIDUAL LEARNING PATHS IN THE ENGINEERING DESIGN EDUCATION." ICERI2023 Proceedings. IATED, 2023.
- Metraglia, R.; Baronio, G.; Villa, V. (2015a): ISSUES IN LEARNING ENGINEERING GRAPHICS FUNDAMENTALS: SHALL WE BLAME CAD? In: Proceedings of the 20th International Conference on Engineering Design (ICED15). International Conference on Engineering Design (ICED15). Milan, 27.-30.07.2015.
- Metraglia, R.; Villa Valerio; Baronio Gabriele; Adamini, R. (2015b): High School Graphics Experience Influencing the Self-Efficacy of First-Year Engineering Students in an Introductory Engineering Graphics Course. In: *Engineering Design Graphics Journal (EDGJ)* (Vol. 79 No.3).
- Middendorf, W. (2022): Digitale Lernumgebungen - didaktische Möglichkeiten und praktische Fragen: null.
- Mohammad Bagheri, M. (2015): Intelligent and Adaptive Tutoring Systems: How to Integrate Learners. In: *IJE* 7 (2), S. 1. DOI: 10.5296/ije.v7i2.7079.
- Moodle Contributors (2022): Fragetyp STACK. Online verfügbar unter https://docs.moodle.org/400/de/Fragetyp_STACK, zuletzt geprüft am 29.11.2022.
- Moodle Contributors (2023): Moodle. Version : <https://moodle.com/about/>. Online verfügbar unter <https://moodle.com/about/>, zuletzt geprüft am 09.11.21.
- Moosbrugger, H.; Kelava, A. (2012): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. 2., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch).
- Niegemann, H. M.; Domagk, S.; Hessel, S.; Hein, A.; Hupfer, M.; Zobel, A. (2008): Kompendium multimediales Lernen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (X.media.press).
- Pfäffli, B. K. (2015): Lehren an Hochschulen. Eine Hochschuldidaktik für den Aufbau von Wissen und Kompetenzen. 2., überarb. und erw. Aufl. Bern: Haupt (UTB Schlüsselkompetenzen Hochschuldidaktik, 4325).
- Porst, R. (2014): Fragebogen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

- Prusty, B.G.; Russell, C. (2011): Engaging students in learning threshold concepts in engineering mechanics: adaptive eLearning tutorials. In: *ICEE*.
- Radenkovic, B.; Despotovic, M.; Bogdanovic, Z.; Barac, D. (2009): Creating Adaptive Environment for e-Learning Courses. In: *JIOS* 33 (1), S. 179–189.
- Rey, G. D. (2009): E-Learning. Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung. 1. Auflage. Bern: Verlag Hans Huber
- Schaumburg, H. (2022): Individuelle Förderung mit digitalen Medien. Ein Problemaufriss. In: *DDS* 2022 (03), S. 250–262. DOI: 10.31244/dds.2022.03.02.
- Stoyanov, S.; Kirschener, P. (2004): Expert Concept Mapping Method for Defining the Characteristics of Adaptive E-Learning: ALFANET Project Case. In: *ETR&D* Vol. 52 (2), S. 41–56.
- WiGeP e.V. (Hg.) (2018): Universitäre Lehre in der Produktentwicklung. Leifaden der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP).
- Žeželj, D.; Miler, D. (2018): MANUFACTURING TECHNOLOGY-BASED APPROACH TO TEACHING ENGINEERING DRAWING. In: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference. 15th International Design Conference, May, 21-24, 2018: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Croatia; The Design Society, Glasgow, UK (Design Conference Proceedings), S. 2553–2562.

FREDERIKE KOSSACK

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Maschinenbau, Lehrstuhl für Produktentwicklung
Universitätsstr. 150, 44780 Bochum
kossack@lpe.rub.de

DR.-ING. DANIELA KATTWINKEL 2

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Maschinenbau, Lehrstuhl für Produktentwicklung
Universitätsstr. 150, 44780 Bochum
kattwinkel@lpe.rub.de

PROF.-DR.-ING. BEATE BENDER 3

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Maschinenbau, Lehrstuhl für Produktentwicklung
Universitätsstr. 150, 44780 Bochum
bender@lpe.rub.de

Zitieren dieses Beitrags:

Kossack, F., Kattwinkel, D. & Bender, B. (2024). Potentiale adaptiven E-Learnings für die Konstruktionslehre. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 12(2), 43–62.