Niels Pinkwart, Johannes Konert (Hrsg.): Die 17. Fachtagung Bildungstechnologien,
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2019 163

Förderung der Lernmotivation durch adaptives E-Learning

Komparative Evaluation von Techniken zur adaptiven Nutzerführung

Mathias Bauer, Jacqueline Schuldt, Beatrix Bau, Marie Jeanne Webers und Heidi Krömker[1]

Abstract: Wenngleich Lernmotivation eine wichtige Einflussgröße eines erfolgreichen Lernprozesses darstellt, ist diese bisher kaum Gegenstand der Forschung im Bereich adaptiver E-Learning Systeme. In einem mehrphasigen Studienkonzept soll die Frage beantwortet werden, ob Lernmotivation mithilfe von Adaptation gefördert werden kann. Das aktuelle Papier fokussiert sich daher auf eine komparative Evaluation von drei Adaptationstechniken und deren Einfluss auf die Lernmotivation mit einem Sample von 132 Studierenden in Form einer experimentellen Laboruntersuchung im Vergleich mit einer nicht-adaptiven Version als Kontrollgruppe. Schwerpunkt ist die Auswertung von Logfiles zur Erfassung der Wirksamkeit der Adaptationstechniken und des aktuellen Verlaufs der Lernmotivation während der Arbeit mit einer E-Learning Plattform. Die Adaptation erfolgte auf Basis von Motivations-Selbsteinschätzungen. Die Analyse der Daten gibt erste Rückschlüsse auf die motivationsförderliche Gestaltung der Nutzerführung in E-Learning Systemen.

Keywords: Adaptive Nutzerführung, E-Learning, Logfile-Analyse, Lernmotivation

1 Einleitung

Motivation wird als wichtige Voraussetzung für eine effiziente Verarbeitung von Lerninhalten und Grundlage für anhaltende Lernfreude angesehen. Das Ziel der vorliegenden Studie ist die Untersuchung der Wirksamkeit von systemseitigen Anpassungen der Nutzerführung als Reaktion auf motivationale Selbsteinschätzungen der Lernenden in einem E-Learning-Setting. Als übergeordnete Forschungsfrage ergibt sich somit: Welche Adaptationstechniken erweisen sich in einer E-Learning Plattform als besonders motivationsförderlich? Das Vorhaben wird in Zusammenhang mit dem vom BMBF geförderten Forschungsprojekt SensoMot realisiert [Sc17]. Grundlage bildet die Lernplattform NanoTecLearn für die Mikro- und Nanotechnik. Diese wurde inhaltlich und softwareergonomisch bereits mehrfach mit Studierenden und Auszubildenden evaluiert und stellt ein solides Fundament für die Erweiterung um adaptive Komponenten dar [Kr16]. Vor der eigentlichen Implementierung wurden zudem bereits mehrere

[1] Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Fachgebiet Medienproduktion, Gustav-Kirchhoff-Str. 1, 98693 Ilmenau, {mathias.bauer, jacqueline.schuldt, beatrix.bau, marie.webers, heidi.kroemker}@tu-ilmenau.de

doi:10.18420/delfi2019_255

Fokusgruppen mit Studierenden und Experten aus dem Bereich E-Learning-Didaktik, Content, Usability und technischer Umsetzung durchgeführt, um Anforderungen bezüglich Funktionalität und Gestaltung der Adaptationstechniken zu erheben [Ba18]. Nach der Beschreibung theoretischer Grundlagen zu adaptivem E-Learning liegt der Untersuchungsfokus auf der Analyse des Verlaufs der Lernmotivation bei der Arbeit mit drei adaptiven Systemvarianten der Lernplattform. Zu diesem Zweck wurden Logfiles zur Verfolgung der Motivations-Selbsteinschätzungen und adaptiven Navigationspfade durch das Lernmaterial erhoben und ausgewertet. In Verbindung mit weiteren fragebogenbasierten Erhebungen der User Experience und Technologieakzeptanz [Ba19] werden Empfehlungen zur Optimierung der Systemadaptation zur Förderung der Lernmotivation gegeben.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Adaptives E-Learning

Eine geläufige Kategorisierung im Bereich adaptiver Lernsysteme unterscheidet Makro- und Mikrolevel Adaptation. Diese Differenzierung bezieht sich auf die Häufigkeit der vorgenommenen Systemanpassungen und deren Initiator [Le11]. Angepasst werden können dabei z.B. das User Interface, der Inhalt oder die Benutzerführung eines E-Learning Systems. Die Makrolevel Adaptation ermöglicht Systemanpassungen mit geringer Frequenz, meist einmalig zu Beginn der Nutzung. In diesem Zusammenhang wird auch der Begriff adaptierbares System verwendet [Le11].
Mikrolevel Adaptation geht über diesen Ansatz hinaus, indem das System kontinuierlich Abfragen auf Nutzerseite vornimmt und Anpassungen somit wiederholt durchführbar sind. Grundlage dafür können eine Vielzahl von Nutzer-Charakteristiken bilden, wie z.B. Vorwissen, Ziele oder aktuelle Motivation [So15]. Dieser Ansatz bietet sich insbesondere für die Optimierung der Nutzerführung oder für eine Inhaltsanpassung auf Basis einer Erhebung des Lernfortschritts an. Da aktuell wirksame Motivation idealerweise kontinuierlich erfasst werden sollte, bietet sich diese Form für die vorliegende Studie an. Paramythis et al. [Pa10] beschreiben den Adaptationsprozess für Mikrolevel-adaptive Systeme in fünf Schritten: Die Basis bildet die Erhebung von Nutzerdaten, z.B. die aktuelle Motivation. Daraufhin erfolgt die systemseitige Datenverarbeitung, gefolgt von der Erstellung eines Benutzermodells und Lernhistorie. In Abhängigkeit dieser Datenlage trifft das System eine Entscheidung bezüglich passfähiger Adaptationen. Im letzten Schritt wird eine konkrete implementierte Adaptationstechnik angewendet, um die Anpassung vorzunehmen. An diesem Punkt der Mensch-System-Interaktion wird dem Lernenden die Adaptation bewusst und es kommt zu einer entsprechenden Reaktion auf Nutzerseite. Dies führt wiederum zu Veränderungen der Nutzerzustände und somit zum erneuten Anstoß des Prozesses. Nach der Festlegung auf den übergeordneten Ansatz der Mikrolevel-Adaptation gilt es geeignete konkrete Techniken zur deren systemseitiger Umsetzung zu identifizieren.

2.2 Adaptationstechniken

Seit den 1990er Jahren hat sich eine Vielzahl von Adaptationstechniken entwickelt [Kn09], [Sh12], [Gr14]. Brusilovsky unterteilt diese grundlegend in „Adaptive Präsentationstechniken“ und „Adaptive Navigationsunterstützungstechniken“ [Br07]. Adaptive Präsentationstechniken passen den Inhalt an sich an, wohingegen adaptive Navigationsunterstützung dazu dient, den Pfad durch ein E-Learning Systems zu optimieren. Einen umfassenden Überblick über eine Vielzahl konkreter Techniken dieser zwei Kategorien geben Knutov et al. [Kn09]. Eine Adaptation des Inhalts bietet sich vor allem an, wenn dieser in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden vorliegt und eine Systemanpassung auf Basis des Vorwissens vorgesehen ist. Erforderlich dafür sind alternative Inhaltssegmente, Exkurse oder studiengangspezifische Beispiele. Bei adaptiver Navigationsunterstützung geht es hingegen primär um die Anpassung der Sequenzierung der Inhalte auf Basis der Veränderung von Personenfaktoren, wie Vorwissen oder Motivation. Für das aktuelle Vorhaben, welches Anpassungen entsprechend der Lernmotivation vornehmen soll, wurden Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung gewählt. Darüber hinaus sollte die bestehende und bereits auf ihre Lernwirksamkeit hin evaluierte Lernplattform NanoTecLearn nicht durch Zusatzinhalte verändert werden. Eine konstant gehaltene inhaltliche Basis ermöglicht zudem das gezielte Manipulieren der Benutzerführung.
Die für die Studie gewählten Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung sollten sich insbesondere bzgl. der Freiheitsgrade, die sie für die Benutzerführung bieten, und dem Kontrollempfinden des Lernenden unterscheiden. Diese Kriterien wurden mithilfe vorab durchgeführter Fokusgruppen mit Studierenden identifiziert [Ba18]. Die resultierenden drei Techniken und deren Eigenschaften werden in Tabelle 1 genannt und im nachfolgenden Abschnitt zu Methodik und Studiendesign genauer vorgestellt. Variiert wurde demnach lediglich die Benutzerführung auf Basis der adaptiven Navigationsunterstützungstechniken im Vergleich zur nicht-adaptiven Plattformversion.

Technik	**Link Annotation**	**Direct Guidance**	**Agent**
Funktionalität	Hervorheben passender Nachfolgeabschnitte	Geführte Sequenz durch das Lernmaterial	Vorschlag motivationsförderlicher Zusatzinhalte
Kontrollempfinden	Hoch – Hervorgehobene Links dienen als Empfehlung, Lernender entscheidet selbst, ob diesen gefolgt wird.	Gering – Lernender kann keine anderen Links anwählen und hat keine Wahlfreiheit über Folgeabschnitte.	Hoch – Agent schlägt relevante Zusatzinhalte vor, Lernender kann daraufhin selbst aktiv entscheiden, welchen gefolgt wird.
Freiheitsgrade	Mittel	Gering	Hoch

Tabelle 1: Charakteristiken der Treatment-Versionen

3 Methodik und Studiendesign

3.1 Implementierte Adaptationstechniken

Nicht-adaptive Version

Die erste implementierte und getestete Version war die nicht-adaptive NanoTecLearn Plattform. Der primäre Wissenszugang erfolgt über text- und bildbasierte Lerneinheiten, die Booklets genannt werden. Dieser Zugang bildet das inhaltliche Wissensfundament. Darüber hinaus existiert ein weiterer Wissenszugang über interaktive Probenbetrachter, die Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen visualisieren. Den dritten Wissenszugang bilden interaktive Formeln und 3D-Modelle von Gerätschaften wie dem Kontaktwinkelmessgerät. Lernende können hierbei z.B. über Schieberegler verschiedene Parameter anpassen und dazugehörige physikalische Effekte unmittelbar zuordnen (siehe Abbildung 1). Der Inhalt jedes Booklets, ist in sechs Unterabschnitte unterteilt – Orientierung, Theorie, Anwendung, Interaktion (mit Verlinkung zu Formeln und Proben), Reflexion und Quellen. Der implementierte Mechanismus zur Abfrage der Motivation hat bei dieser Variante keine Auswirkungen, die Ergebnisse dienen lediglich als Vergleichsmaß zu den adaptiven Versionen. Es handelt sich somit um die Kontrollgruppe der Untersuchung.

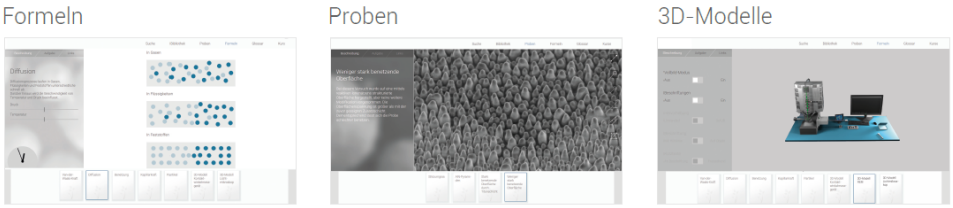

Abbildung 1: Interaktive Wissenszugänge der NanoTecLearn Plattform

Direct Guidance

Die zweite Plattformversion ist eine adaptive Variante, welche die Direct Guidance-Technik in Form einer geführten Sequenzierung der Inhalte verwendet. Inhalt und Struktur der Booklets sind identisch zur nicht-adaptiven E-Learning Plattform. Hier hat die Motivationsabfrage jedoch einen Effekt, indem ein passendes nachfolgendes Unterkapitel vorgeschlagen wird. Je nach Einschätzung der aktuellen Motivation wird der Lernende zu unterschiedlichen Folgeabschnitten geführt, die Motivationseinbrüchen entgegenwirken sollen. Dem Lernenden wird dabei nach Abgabe der Bewertung eine Notifikation angezeigt: „Vielen Dank für die Einschätzung, es geht weiter mit Abschnitt X“. Dieses Feld ist mit dem entsprechenden Abschnitt verlinkt. Alle anderen, sonst frei zugänglichen Booklets und Unterabschnitte, sind bei Direct Guidance deaktiviert. Der Lernende muss in dieser Variante demnach dem Vorschlag folgen.

Link Annotation

Die dritte Version verwendet die Link Annotation-Technik, die als Vorschlagssystem konzipiert ist. Auch hier werden die Selbsteinschätzungen wieder genutzt, um den motivational passfähigsten Folgeabschnitt zu ermitteln. Bei dieser Variante kann der Lernende jedoch selbst entscheiden, ob dem Vorschlag gefolgt werden soll oder nicht. Der empfohlene Folgeabschnitt wird in den Unterabschnitten farblich dezent hervorgehoben, ebenso erscheint der textuelle Hinweis: „Vielen Dank für die Einschätzung. Es wurden Empfehlungen für Sie hervorgehoben“. Die anderen Verlinkungen der Plattform sind hierbei nicht deaktiviert, sodass der Lernende sich frei in den Inhalten bewegen kann.

Agent

Die vierte Version nutzt einen Agenten, der als Unterstützungssystem für den Lernenden gedacht ist, indem mithilfe einer Vorschlagsliste Anregungen für Folgeabschnitte gegeben werden. Der Agent ist in Form eines kreisförmigen Icons ständig im rechten oberen Rand des User Interface sichtbar und wird per Mausklick aktiviert. Nach der Motivationseinschätzung erscheint die Vorschlagsliste, z.B. mit Inhalten zum eigenen Ausprobieren in Form der interaktiven Proben oder Formeln (siehe Abbildung 2).

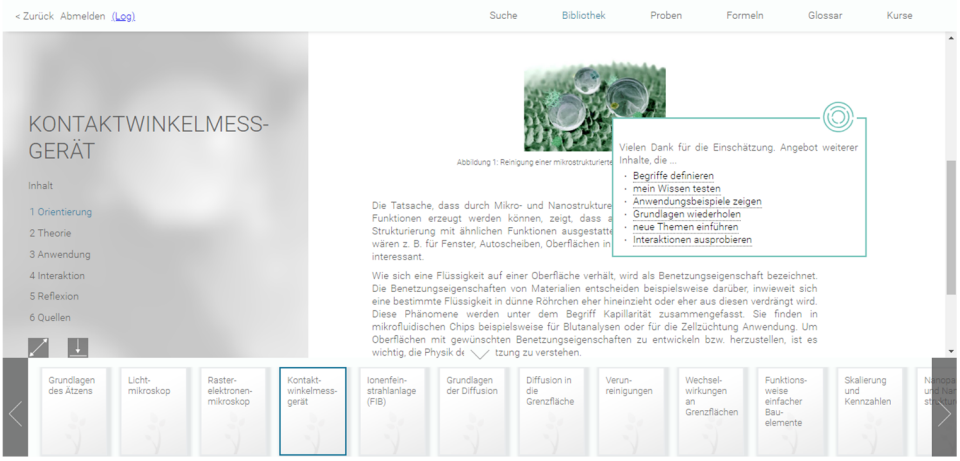

Abbildung 2: Vorschlagsliste der adaptiven NTL-Version Agent im Booklet Kontaktwinkelmessgerät

3.2 Motivations-Selbsteinschätzung

Am Ende jedes Abschnitts der Lernplattform soll der Lernende das aktuelle Motivationslevel mithilfe eines implementierten Self-Report-Mechanismus angeben. Dazu wurde je ein Item für die Parameter aktuell wirksames, situatives Interesse (In) und Erfolgszuversicht bzw. Selbstwirksamkeitserwartung (Ez) formuliert, das über die

Einschätzung „stimme nicht zu“ (-), „teils/teils“ (=), „stimme zu“ (+) erfragt wird. Grundlage hierfür bildete das Verständnis aktuell wirksamer Motivation nach Rheinberg und der entsprechende Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation sowie die verkürzte Version zur State-Messung der aktuellen Motivation [Vo03]. Besonders die State-Messung stellt das situativ wirksame Interesse und die Zuversicht, dem Lerninhalt gewachsen zu sein, in den Vordergrund. Dies wurde für die Formulierung eigener Items im konkreten Anwendungsfall wie folgt angepasst: „Die Inhalte des aktuellen Abschnitts haben mich interessiert“ und „Ich fühle mich den Inhalten und/oder Aufgaben gewachsen“. Der gebildete Motivationsindikator ist Basis für die Systemanpassungen der Benutzerführung. In der Lernplattform sind für die Unterabschnitte jedes Booklets alle Kombinationen der Motivations-Selbsteinschätzung in Form einer Tabelle hinterlegt sowie die zugehörigen Systemreaktionen. Diese wurden auf Basis einer Fokusgruppe mit Experten aus den Bereichen E-Learning-Didaktik, Content, Usability und technischer Umsetzung erarbeitet und evaluiert. Insbesondere bei (-)-Angaben werden möglichst motivationsförderliche Folgeinhalte angegeben. Bei ausbleibenden (-)-Angaben wird der Lernende seriell durch die Unterabschnitte des Booklets geführt.

3.3 Studiendesign

Aus den Ergebnissen der Fokusgruppen mit Studierenden ging hervor, dass das verspürte Kontrollempfinden, die Freiheitsgrade der Navigation und die allgemeinen Hilfestellungen des Systems besondere Bedeutung beigemessen wurde. Auf Basis dieser Erkenntnisse erfolgte im Sommersemester 2018 eine experimentelle Untersuchung der vier beschriebenen Plattformversionen mit 132 Studierenden der Technischen Universität Ilmenau. Für die Teilnahme war kein spezifisches Vorwissen nötig, daher erfolgte die Rekrutierung über den studentischen Mailverteiler der Universität. Die Teilnahme wurde mit einem Probandenhonorar vergütet. Einen Überblick über das Studiendesign mit den Messzeitpunkten der Untersuchung zeigt Tabelle 2.

	M1	**M2**	**M3**
Lerninhalt	Vor der E-Learning Session	E-Learning Session in Form der Bearbeitung eines Kapitels der NanoTecLearn Plattform zum Thema Kontakt-winkelmessgerät	Nach der E-Learning Session
Mess-instrument	Fragebögen zu aktueller Motivation und Vorwissen	Logfiles zur Erfassung des Benutzerpfads durch das Lernmaterial und der beiden Motivations-indikatoren Interesse und Erfolgszuversicht	Fragebögen zu User Experience, Kontrollempfinden und Technologie-akzeptanz

Tabelle 2: Überblick über Messgrößen und Messinstrumente zu den Messzeitpunkten M1-M3

Das Sample bestand aus 67 männlichen und 65 weiblichen Studierenden, die allesamt über 19 Jahre alt waren (M=24.42; SD=3,79). Die Probanden wurden randomisiert einer der vier Gruppen der experimentellen Untersuchung zugeordnet. Jede Version wurde final von 33 Studierenden getestet. Als Inhaltsbasis für die Studie wurde das Booklet zum Thema „Kontaktwinkelmessgerät" ausgewählt. Die Auswertung der Daten sowie die finale Überarbeitung und Festlegung auf eine adaptive Systemvariante wurden im Wintersemester 2018/19 vorgenommen. Die Ergebnisse der verwendeten standardisierten Fragebogen-Instrumente (vor und nach der E-Learning Session) sind zu finden in [Ba19]. Die nachfolgende Analyse fokussiert sich auf den eigentlichen Verlauf der Lernmotivation und die Wirksamkeit der Adaptation, also die konkrete E-Learning Session an sich.

3.4 Auswertung der Logfile-Analyse

Im direkten Vergleich mit den weiteren genutzten Fragebogeninstrumenten, die sich auf die Untersuchung der User Experience, des Kontrollempfindens, der aktuellen Motivation sowie der E-Learning Akzeptanz fokussieren, ermöglicht die Logfile-Analyse der E-Learning Sessions der Probanden zusätzliche Erkenntnisse. Zum einen ist der Motivationsverlauf während des Lernens mit NanoTecLearn nachvollziehbar, der über den Self-Report-Mechanismus erfasst wird. Zum anderen kann ermittelt werden, ob die auf Basis der Motivationseinschätzungen getroffenen Systemanpassungen motivational wirksam waren. Darüber hinaus lassen sich durch die erfasste Verweildauer Rückschlüsse auf das Themeninteresse ziehen. Im Fall der Link Annotation-Version konnte zudem ermittelt werden, wie häufig die Lernenden den Systemvorschlägen gefolgt sind, was Aussagen zur motivationalen Passfähigkeit ermöglicht. Die Logfiles wurden systemseitig erfasst und für jeden Probanden unter Angabe der anonymisierten Probandennummern gespeichert. Neben den Zeitangaben zur Verweildauer enthalten die Dateien Informationen über den aktuellen Abschnitt, in dem sich der Lernende befindet und über die getätigten Selbsteinschätzungen.

Unter-kapitel	**26,1**	**26,2**	**26,3**	**26,4**	**26,5**	**26,6**
	Orientier-ung	Theorie	Anwendung	Interaktion	Reflexion	Quellen
Bewertung Motivation	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
	Ez -, In -	Ez =, In - Ez -, In =	Ez +, In - Ez -, In +	Ez =, In =	Ez +, In = Ez =, In +	Ez +, In +

Tabelle 3: Kodierung der Unterkapitel und Motivationseinschätzung

Die Booklets und Unterabschnitte wurden jeweils mit entsprechenden Ziffern codiert (dem in der Studie genutzten Booklet Kontaktwinkelmessgerät ist der Zahlencode 26 zugeordnet), ebenso die beiden Motivationsindikatoren und deren Ausprägung (siehe Tabelle 3). Die Bewertung der Motivation erfolgt jeweils als kombinierter Wert für beide Indikatoren (Ez und In) in Form einer fünfstufigen Skala, wobei ein Absinken der Motivation ((-)-Angabe für mindestens einen Indikator) jeweils schlechter bewertet wird als ein konstanter Wert (zweifache (=)-Angabe).

Nach Durchführung der Studie mussten die erhobenen Logfiles zunächst bereinigt und in eine auswertbare Form überführt werden. Der Fokus lag auf dem lernrelevanten Kapitel Kontaktwinkelmessgerät (26) und dessen Unterabschnitten. Die Exploration anderer Kapitel wurde für die Auswertung nicht erfasst. Bei Direct Guidance wurden außerdem die Besuche nach dem Unterkapitel Reflexion nicht mehr berücksichtigt, da die Version eine chronologische erste Bearbeitung vorsieht und diese nach der Reflexion beendet sein sollte. Ein wichtiger Bestandteil der Bereinigung war das Ausschließen von Abschnitten, die vorab definierte Kriterien nicht erfüllten. Dazu zählten Unterkapitel, die weniger als 10 Sekunden besucht wurden. Probanden, welche insgesamt weniger als 5 Minuten im Kapitel 26 verweilten, wurden vollständig ausgeschlossen, da hierbei nicht von einer ernsthaften Auseinandersetzung mit der Plattform ausgegangen werden konnte. Anschließend wurde die Reihenfolge des Durchschreitens der Unterkapitel für jeden Probanden in allen vier Versionen nachvollzogen. Darüber hinaus wurden die Motivations-Selbsteinschätzungen über die zugehörigen Zahlencodes (1-5) hinzugefügt.

4 Ergebnisse

Die nach dem Beenden eines Kapitels abzugebenden Einschätzungen zu Erfolgszuversicht (Ez) und Interesse (In) sind nachfolgend für jede der Versionen als gemeinsamer Motivationsparameter jeweils im Durchschnitt dargestellt sowie die durchschnittliche Verweildauer in den jeweiligen Abschnitten. Tabelle 4 gibt zunächst einen Überblick über die Anzahl der für die Auswertung zu verwendenden Datensätze und die Häufigkeiten der Einschätzungen pro Plattformversion.

Version	**Link Annotation**	**Direct Guidance**	**Agent**	**Kontrollgruppe**
Gültige Fälle (von n=33)	29	30	32	30
Häufigkeit der Einschätzung	132	114	115	174

Tabelle 4: Übersicht über die gültigen Fälle und Häufigkeiten der Einschätzung

Auffällig ist, dass alle Versionen im Unterkapitel 26,2, dem Theorieteil, einen erkennbaren Motivationseinbruch im Vergleich zum vorherigen Orientierungskapitel 26,1 aufweisen (vgl. Tabelle 5 und Abbildung 3). Dies ist ebenfalls der Visualisierung der Motivationsverläufe in den entsprechenden Abbildungen zu entnehmen. Es zeigt sich zudem, dass die interaktiven Inhalte die Motivation wieder merklich steigern konnten, was mit den Interviewaussagen einer ersten Studie zur Lernmotivation im Wintersemester 2017/18 mit der nicht-adaptiven NanoTecLearn Plattform übereinstimmt.
Die Motivation, in der sich dem interaktiven Abschnitt anschließenden Reflexion, bleibt relativ unverändert, jedoch war über die Freitextantworten zum Ende der Befragung zu erkennen, dass die Probanden sich in diesem Abschnitt ebenfalls mehr interaktive Elemente, z.B. in Form von interaktiven Wissenstests gewünscht hätten.

Version	Link Annotation	Direct Guidance	Agent	Kontrollgruppe
Durchschnitt Motivations-einschätzung pro Abschnitt	26,1 – 3,77 26,2 – 2,96 26,3 – 2,96 26,4 – 3,70 26,5 – 3,92 26,6 – 3,00	26,1 – 4,42 26,2 – 3,42 26,3 – 3,55 26,4 – 4,30 26,5 – 4,33 26,6 – k.A.	26,1 – 4,07 26,2 – 3,55 26,3 – 3,92 26,4 – 4,64 26,5 – 3,95 26,6 – 2,80	26,1 – 4,19 26,2 – 2,93 26,3 – 2,68 26,4 – 4,08 26,5 – 4,04 26,6 – 2,63
Durchschnitt Verweildauer pro Abschnitt	26,1 – 01:50 26,2 – 04:54 26,3 – 04:30 26,4 – 03:34 26,5 – 02:31 26,6 – 01:37	26,1 – 02:18 26,2 – 05:58 26,3 – 05:31 26,4 – 04:41 26,5 – 02:16 26,6 – k.A.	26,1 – 01:46 26,2 – 04:26 26,3 – 03:32 26,4 – 02:46 26,5 – 02:06 26,6 – 00:59	26,1 – 02:13 26,2 – 05:24 26,3 – 03:39 26,4 – 03:10 26,5 – 01:26 26,6 – 01:08

Tabelle 5: Vergleich der durchschnittlichen Motivationseinschätzungen und Verweildauer (Notation pro Plattformversion: Unterkapitel – Mittelwert)

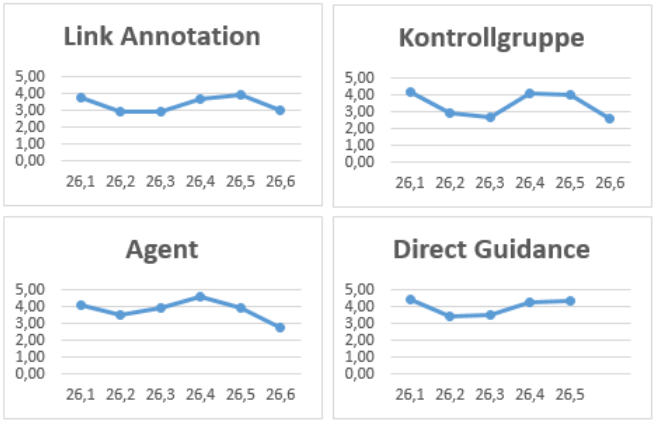

Abbildung 3: Vergleich der Motivationsverläufe der unterschiedlichen Plattformversionen

Die Daten aus Tabelle 5 wurden zudem einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) unterzogen, um festzustellen, ob sich die Mittelwerte der Motivationseinschätzung pro Abschnitt in den Versuchsgruppen unterscheiden. Das Ergebnis des F-Tests zeigte, dass sich die Motivationseinschätzungen in den Versuchsgruppen nicht signifikant unterscheiden, $F(3, 20)=0{,}297$, $p=0{,}827$. Eine weitere ANOVA sollte zeigen, ob sich die Mittelwerte der beiden Motivationsparameter in den unterschiedlichen Lernabschnitten der Plattformversionen unterscheiden. Für Erfolgszuversicht konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Es ergab sich jedoch ein signifikanter Unterschied für Interesse zwischen den Versuchsgruppen für die Lernabschnitte Orientierung [$F(3, 117) = 2{,}691$, $p=0{,}049$], Theorie [$F(3, 112) = 3{,}187$, $p = 0{,}027$], Anwendung [$F(3, 106) = 5{,}872$, $p = 0{,}001$] und Reflexion [$F(3, 87) = 4{,}552$, $p = 0{,}005$]. Als Post-Hoc-Test wurde

anschließend der LSD-Test berechnet. Das Ergebnis der Mehrfachvergleiche zeigte, dass im Lernabschnitt Orientierung Unterschiede im Interesse nur für Direct Guidance und Link Annotation sowie die Version Agent auf dem Niveau 0,05 signifikant sind. Innerhalb des Lernabschnitts Theorie sind nur zwischen den Versuchsgruppen Link Annotation und der Kontrollgruppe sowie zwischen Direct Guidance und der Version Agent keine Mittelwertunterschiede für das Interesse zu verzeichnen. Innerhalb der Anwendung ist die Differenz der Interessen-Mittelwerte für die Kontrollgruppe und Direct Guidance sowie die Agentenversion auf dem Niveau 0,05 signifikant und ebenso für die Gruppen Link Annotation und Agent. Für den Lernabschnitt Reflexion unterscheidet sich das Interesse nur für die Kontrollgruppe signifikant von allen anderen Gruppen, $p < 0,05$.

Die Auswertung der Link Annotation-Version ermöglicht zudem die Interpretation der Anzahl der befolgten Vorschläge. Von 132 Vorschlägen wurden 86 befolgt, dies entspricht einer Quote von 65%, was zeigt, dass eine Mehrzahl der Vorschläge als motivationsförderlich empfunden wurde. Die Nicht-Befolgung kann aus der fehlenden inhaltlichen Passfähigkeit oder dem Übersehen der visuellen Hinweise resultieren. Bei vielen Probanden ist die Motivation während der Bearbeitung kaum merklich gesunken. Über offene Fragestellungen zum Ende der Erhebung und auf Basis der Ergebnisse eines User Experience- und Technologieakzeptanz-Fragebogens [Ba19] konnte ermittelt werden, dass viele Studierende die bloße Existenz einer solchen E-Learning Plattform bereits als motivierende Ergänzung zu klassischen Lehrmaterialien wahrgenommen haben. Probanden mit wenig domänenspezifischem Vorwissen, gaben darüber hinaus an, dass die geführte Sequenzierung der Direct Guidance als hilfreich und motivierend empfunden wurde. So ist in Abbildung 1 und Tabelle 5 ersichtlich, dass in dieser Version die geringsten Motivationsschwankungen und gleichzeitig die über alle Unterkapitel höchsten Mittelwerte der Motivationseinschätzung auftreten.

Kritisch anzumerken ist, dass die selbstregulierte Lernsituation und das experimentelle Setting an sich bereits Einfluss auf die Aussagekraft der Ergebnisse genommen haben. So wurden einerseits Einschätzungen teilweise nicht vollzogen, da zum Beispiel das Kapitel nicht komplett bearbeitet wurde und die am Ende der Kapitel implementierte Selbsteinschätzung schlicht übersehen wurde. Andererseits konnten Einschätzungen doppelt vollzogen werden, wenn zwischenzeitlich das Booklet verlassen wurde. Auch konnten aufgrund der separaten Darstellung der Proben und Formeln, gleichzeitig Proben anderer Booklets betrachtet werden. Dies kann sowohl positive als auch negative Effekte auf die Motivation haben, da beispielsweise das Interesse auf andere Themen steigen könnte oder aber die Motivation aufgrund der Orientierungslosigkeit sinkt. Hier stößt die Aussagekraft der formalisierten Motivationseinschätzung an ihre Grenzen.

Die einzelnen Adaptationstechniken bilden zusätzliche individuelle Einflussfaktoren. So konnten sich die Probanden bei der Direct Guidance-Version nach erstmaligem Beenden des Booklets frei auf der Plattform bewegen. Die anschließende freie Exploration wurde in der Analyse nicht berücksichtigt, um eine Vergleichbarkeit mit den anderen Versionen gewährleisten zu können. Im Fall der Link Annotation-Version wurden Hervorhebungen der empfohlenen Kapitel und bei der Agenten-Version das Symbol des Agenten öfter nicht wahrgenommen (in diesem Fall konnten auch keine Einschätzungen vorgenommen werden).

5 Ausblick und Diskussion

Die Ergebnisse der Logfile Analyse in Kombination mit den fragebogenbasierten Erhebungen sowie offenen Fragestellungen im Anschluss an die E-Learning Session münden in folgenden Empfehlungen, die als Ausgangspunkt für die Gestaltung motivationsförderlicher adaptiver E-Learning Plattformen dienen können:

- Adaptationen sollten visuell und textuell angemessen codiert werden, um vom Lernenden eindeutig identifiziert werden zu können
- Geführte Sequenzierung durch E-Learning Inhalte eignet sich besonders für Lernende mit wenig domänenspezifischem Vorwissen
- Um Motivationseinbrüchen entgegenzuwirken, sollte eine ausgewogene Aufteilung zwischen Textpassagen und interaktiven Inhalten vorgenommen werden
- Interaktive Inhalte und deren angemessene Einbindung wirken nach längeren Textabschnitten besonders motivationsfördernd
- Wissensabfragen und Zusammenfassungen sollten möglichst interaktiv sein und direktes Feedback geben
- Heterogenen Zielgruppen profitieren vom Angebot wählbarer Lernziele und unterschiedlicher Anspruchsniveaus

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde die Lernplattform für eine nachfolgende Studie optimiert. Der finale motivationsbasierte Adaptationsmechanismus wird ebenfalls Gegenstand einer Laborevaluation mit Studierenden sein. Es soll somit eine Abschätzung ermöglicht werden, ob der zusätzliche Entwicklungsaufwand gegenüber einem nicht-adaptiven E-Learning System für Lehrende gerechtfertigt ist. Zukünftige Untersuchungen sollten sich zudem einer umfassenderen Erhebung der Lernmotivation während des Lernens mit einer adaptiven E-Learning Session widmen. So wären z.B. Langzeitstudien mit der Experience Sampling Methode denkbar, um den Motivationsverlauf über den Lernprozess eines Semesters darzustellen.

Dank

Das Projektvorhaben SensoMot wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter der Fördernummer 16SV7516 im Programm “Erfahrbares Lernen”.

Literaturverzeichnis

[Ba18] Bauer, M.; Bräuer, C.; Schuldt, J.; Krömker, H.: Adaptive E-Learning for Supporting Motivation in the Context of Engineering Science. In (Nazir, S., Teperi, A.-M., Polak-Sopinska, A., Hrsg.): Advances in Human Factors in Training, Education and Learning Sciences, Proceedings of the AHFE 2018 International Conference on Human Factors

in Training, Education and Learning Sciences, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 785, Orlando, S. 409-422, 2018.

[Ba19] Bauer, M.; Bräuer, C.; Schuldt, J.; Krömker, H.: Evaluation of the User Experience of Adaptation Techniques to foster Learning Motivation in an adaptive E-Learning Platform. In: INTED2019, Proceedings of the 13th annual International Technology, Education and Development Conference, Valencia, 2019.

[Br07] Brusilovsky, P.: Adaptive Navigation Support. In (Brusilovsky, P., Kobsa, A., Nejdl, W., Hrsg.): The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization. Springer, Berlin, Heidelberg, S. 263-290, 2007.

[Gr14] Graf, S; Kinshuk: Adaptive Technologies. In (Spector, J. M., Merrill, M. D., Elen, J., Bishop, M. J., Hrsg.): Handbook of Research on Educational Communications and Technology. Springer, New York, S. 771–779, 2014.

[Kn09] Knutov, E.; de Bra, P.; Pechenizkiy, M.: AH 12 years later. A comprehensive survey of adaptive hypermedia methods and techniques. In: New Review of Hypermedia and Multimedia, 15/01, S. 5-38, 2009.

[Kr16] Krömker, H.; Hoffmann, M.; Huntemann, N.: Wissensstrukturierung für das Lernen in den Ingenieurwissenschaften. In (Kammasch, G., Klaffke, H., Knutzen, S., Hrsg.): Technische Bildung im Spannungsfeld zwischen beruflicher und akademischer Bildung. Die Vielfalt der Wege zu technischer Bildung: Referate der 11. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung 2016, Berlin, S. 101–108, 2016.

[Le11] Leutner, D.: Adaptivität und Adaptierbarkeit beim Online-Lernen. In (Klimsa, P., Issing, L., Hrsg.): Online-Lernen. Planung, Realisation, Anwendung und Evaluation von Lehr- und Lernprozessen online. De Gruyter, München, S. 115–123, 2011.

[Pa10] Paramythis, A.; Weibelzahl, S.; Masthoff, J.: Layered Evaluation of Interactive Adaptive Systems. Framework and Formative Methods. In: User Modeling and User-Adapted Interaction 20/05, S. 383–453, 2010.

[Sc17] Schneider, O.; Martens, T.; Bauer, M.; Ott-Kroner, A.; Dick, U.; Dorochevsky, M.: SensoMot – Sensorische Erfassung von Motivationsindikatoren zur Steuerung adaptiver Lerninhalte. In (Igel, C., Ullrich, C., Wessner, M., Hrsg.): Bildungsräume 2017: Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 267–272, 2017.

[Sh12] Shute, V. J.; Zapata-Rivera, D.: Adaptive Educational Systems. In (Durlach, P. J., Lesgold, A. M., Hrsg.): Adaptive Technologies for Training and Education. Cambridge University Press, Cambridge, S. 7-27, 2012.

[So15] Sosnovsky, S.; Brusilovsky, P.: Evaluation of Topic-based Adaptation and Student Modeling in QuizGuide. In: User Modeling and User-Adapted Interaction, 25/04, S. 371-424, 2015.

[Vo03] Vollmeyer, R.; Rheinberg, F. (2003): Aktuelle Motivation und Motivation im Lernverlauf. In (Stiensmeier-Pelster, J., Rheinberg, F., Hrsg.): Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept. Göttingen, Bern: Hogrefe, S. 281-296.