

Untersuchung des Einflusses von adaptivem E-Learning auf die Lernmotivation von Studierenden

Benutzerzentrierte Weiterentwicklung und Evaluation einer
adaptiven E-Learning Plattform für die Hochschullehre

Dissertation zur Erlangung des
akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegt der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
der Technischen Universität Ilmenau

von Mathias Bauer, M. Sc.

1. Gutachterin: Univ.-Prof. Dr. phil. Heidi Krömker
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. phil. Helmut Niegemann
3. Gutachterin: Prof. Dr. phil. Steffi Zander

Tag der Einreichung: 19.11.2020

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 05.07.2021

DOI: 10.22032/dbt.49158

URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-2021000132



Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz](#).

Zusammenfassung

Ortsunabhängiges und flexibles Lernen in Form von E-Learning Angeboten gewinnt insbesondere im Hochschulkontext als Ergänzung zu Präsenzlehrveranstaltungen zunehmend an Bedeutung. Dieses weitgehend selbstreguliert stattfindende Lernen kann die Lerneffizienz und Wirksamkeit verbessern und sich letztendlich auch auf die Lernerfolge positiv auswirken. Voraussetzung dafür ist neben dem eigentlichen Studieninteresse eine hohe situativ wirksame Lernmotivation. In Präsenzkontexten wird die aktivierende zielgerichtete Auseinandersetzung mit Lerninhalten von Lehrenden übernommen. Lernabbrüchen aufgrund von Verständnisproblemen oder Lernblockaden beim selbstregulierten, technologiegestützten Lernen könnte durch adaptives E-Learning entgegengewirkt werden. Veränderliche Zustände und Charakteristiken des Lernenden können in diesem Zusammenhang im Lernprozess angemessen berücksichtigt und eine Systemanpassung dahingehend vorgenommen werden. Lernmotivation, wenngleich als wichtige Bedingungsgröße für einen erfolgreichen Lernprozess benannt, wurde bis dato in empirischen Studien nicht systematisch auf die Eignung als Ausgangspunkt für adaptives E-Learning untersucht. Die vorliegende Arbeit widmete sich daher der Untersuchung der zentralen Fragestellung, inwiefern sich adaptives E-Learning zur Förderung der Lernmotivation in selbstregulierten Lernsettings eignen könnte.

Zur Systematisierung der bestehenden theoretischen Grundlagen wurden verschiedene Klassifikationsansätze des adaptiven E-Learnings analysiert. Berücksichtigt wurden die Abgrenzung von Adaptivität und Adaptierbarkeit sowie die Analyse der Komponenten adaptiver Lernsysteme, die Veranschaulichung des Adaptationsprozesses und die Klassifikation etablierter Adaptationstechniken. Adaptation basierte im Kontext der Arbeit auf der aktuell wirksamen Lernmotivation. Dahingehend wurde der Motivationsbegriff für Lern- und Leistungssituationen definiert, wobei insbesondere die grundlegende Wechselbeziehung von Personen- und Situationsfaktoren als Ausgangspunkt für die Ausbildung einer aktuell wirksamen Motivation nach Rheinberg untersucht wurde. Da E-Learning zumeist auf selbstreguliertem Lernen und selbstinitierter Motivation basiert, erfolgte die Operationalisierung mithilfe eines geeigneten Prozessmodells zur Beschreibung der Lernmotivation beim selbstregulierten Lernen nach Rheinberg. Hinsichtlich Personen- und Situationsfaktoren wurden insbesondere motivationale Faktoren berücksichtigt und definiert, z.B. der Anreizfokus, die Selbstwirksamkeitserwartung, das allgemeine Studieninteresse, die generelle Technologieakzeptanz gegenüber E-Learning sowie die motivationsförderliche Gestaltung von E-Learning Angeboten.

Aus der Synthese dieser theoretischen Grundlagen wurden ein Untersuchungsdesign sowie Hypothesen zur Beantwortung der zentralen Fragestellung der Arbeit abgeleitet. Diese wurden mithilfe eines Fallbeispiels in Form einer bestehenden E-Learning Plattform getestet. Das Fallbeispiel wurde gemäß den folgenden Anforderungen ausgewählt: Eignung für selbstreguliertes Lernen, modularer Aufbau der Lerninhalte, Angebot verschiedener Methoden der Wissensvermittlung als

Grundlagen der Adaptation und Inhaltsangebot für eine möglichst homogene Zielgruppe. Die gewählte Lernplattform NanoTecLearn mit dem Inhaltsschwerpunkt Mikro- und Nanotechnologie wurde vor der Umsetzung des Vorhabens bereits mehrfach unter didaktischen, inhaltlichen und softwareergonomischen Gesichtspunkten evaluiert. Die Verwendung der bestehenden Lernplattform ermöglichte es, den Fokus auf die Entwicklung adaptiver Systemkomponenten mit Schwerpunkt auf die Förderung der Lernmotivation zu legen. Zur Weiterentwicklung und Evaluation der Lernplattform wurde ein dreiphasiges Untersuchungsdesign in Form eines Mixed-Methods-Designs angewendet. Dieses zielte insbesondere auf die Evaluation des Verlaufs der Lernmotivation beim Einsatz der Lernplattform sowie auf die Konzeption geeigneter Adaptationstechniken ab.

Die erste Stufe des Untersuchungsdesigns bildeten Studien mit der nicht-adaptiven Ausgangsversion der Lernplattform. Die Lernmotivation im Umgang mit der Lernplattform wurde in Form einer Laborstudie mit Studierenden ($n=71$) untersucht. Motivationale Personenfaktoren und die generelle E-Learning Akzeptanz wurden zudem im Rahmen einer Onlinestudie ($n=189$) erfragt. Die Konzeption der Adaptation und die Auswahl geeigneter Adaptationstechniken erfolgte unter Berücksichtigung der Ausgangsversion der Plattform mit fünf Fokusgruppen ($n=22$) aus Studierenden- und Expertensicht. Die Ergebnisse dieser ersten Stufe dienten als Ausgangspunkt für die Modellierung der Adaptation und Umsetzung von Adaptationstechniken. In der zweiten Stufe des Untersuchungsdesigns wurden dahingehend drei adaptive prototypische Weiterentwicklungen der Plattform umgesetzt. Die Adaptation erfolgte entsprechend der Ausprägung der aktuellen Lernmotivation, die plattformseitig über Selbstauskünfte erhoben wurde. Der Motivationsverlauf, das Benutzererlebnis, die Akzeptanz der Plattform und das vermittelte Kontrollempfinden wurden in einer Laborstudie mit Studierenden ($n=132$) erhoben. Diese war als experimentelle Vergleichsstudie konzipiert, die die drei adaptiven Systemvarianten gegenüber der nicht-adaptiven Version testete. Die aus den Ergebnissen dieser Studie abgeleitete finale adaptive Systemvariante diente als Basis der dritten Stufe des Untersuchungsdesigns und wurde in zwei abschließenden Laborstudien hinsichtlich des Verlaufs der Lernmotivation ($n=64$) und des Benutzererlebnisses ($n=31$) mit Studierenden evaluiert.

Die Auswertung der Studien der drei Stufen des Untersuchungsdesigns zeigte, dass E-Learning bei den Studierenden eine allgemein hohe Zustimmung sowie Akzeptanz erfuhr. Zudem zeigte sich eine durchweg hohe Lernmotivation beim Einsatz der verschiedenen Versionen der Lernplattform während der Laborstudien. Das auf Basis der theoretischen Grundlagen operationalisierte Prozessmodell zur Darstellung des selbstregulierten, motivierten Lernprozesses erwies sich im E-Learning Kontext als geeignet. Darüber hinaus konnte letztendlich jedoch keine signifikante Verbesserung der Lernmotivation durch adaptives E-Learning im Vergleich zur nicht-adaptiven Ausgangsversion nachgewiesen werden. Die umgesetzten Adaptationstechniken konnten die Lernmotivation der Studierenden und die Benutzerfreundlichkeit der Plattform nicht signifikant verbessern.

Danksagung

Ohne die Beteiligung und das Engagement einer Vielzahl von Personen hätte das Vorhaben und die daraus resultierende schriftliche Ausarbeitung nicht realisiert werden können, daher soll den Beteiligten an dieser Stelle ein aufrichtiger Dank ausgesprochen werden.

Danken möchte ich zunächst allen Studierenden, die so zahlreich und stets interessiert an der Vielzahl von Untersuchungen teilgenommen haben und somit das Fundament für die planmäßige und weitgehend reibungslose Realisierung des Forschungsvorhabens bildeten. Einen ebenso bedeutsamen Anteil hatten meine Kolleginnen Jacqueline Schuldt und Cassandra Bräuer am Fachgebiet Medienproduktion der Technischen Universität Ilmenau, die mit ihrem beispiellosen Engagement bei der Konzeption, Durchführung und Auswertung der Studien eine unverzichtbare Unterstützung darstellten und für deren Hilfsbereitschaft, kompetente Anregungen und kritischen Austausch ich zutiefst dankbar bin.

In diesem Zusammenhang gilt mein aufrichtiger Dank ebenso meiner betreuenden Hochschullehrerin Prof. Dr. Heidi Krömker, die es ermöglichte, das ambitionierte mehrphasige Forschungsvorhaben zu realisieren und stets mit Rat und kritischem Diskurs zur Seite stand, um die fortwährende Qualität und Sorgfalt der Untersuchungen zu gewährleisten. Ich bedanke mich zudem für ihr Vertrauen, mir als Masterabsolvent direkt die Verantwortung der Betreuung von Lehrveranstaltungen, Abschlussarbeiten und dem Forschungsprojekt SensoMot (im Zuge dessen die Studien durchgeführt wurden) zu übertragen und mir somit die Möglichkeit zu geben, meine Kompetenzen in den zahlreichen Wissensdomänen ihres Fachgebiets zu erweitern. Darüber hinaus bedanke ich mich bei Prof. Dr. Steffi Zander und Prof. Dr. Helmut Niegemann für ihre Bereitschaft, meine Dissertationsschrift zu begutachten.

Zusätzlich möchte ich weiteren beteiligten Mitarbeitern¹ der Technischen Universität Ilmenau danken, allen voran Michael Reißing, Nadja Huntemann und Mandy Maron, die uns die Verantwortung ihrer NanoTecLearn Plattform übertragen haben und bei der Weiterentwicklung, insbesondere der Implementierung, stets wertvolle Unterstützung lieferten. Darüber hinaus war ihre Beteiligung an einigen unserer Studien für sie selbstverständlich, wofür ich ebenfalls sehr dankbar bin. Danken möchte ich zudem Philip Schmitt vom Fachgebiet Mikromechanische Systeme, dessen Fachkompetenz uns beim Verständnis der Inhalte der Plattform und deren Zusammenhänge eine große Hilfe war. Mein Dank gebührt ferner auch allen anderen Kollegen des Fachgebiets Medienproduktion, die während des Entstehungsprozesses dieser Arbeit ihren Rat oder kritische Betrachtungen des Vorgehens anboten

¹ Anmerkung: Zur besseren Lesbarkeit wird im Kontext dieser Arbeit lediglich das generische Maskulinum verwendet. Formen, wie „Studierende“, „Benutzer“, „Lernende“, „Lehrende“ oder „Probanden“ schließen Personen aller Geschlechter ein, sofern nicht explizit eine geschlechtsspezifische Unterscheidung vorgenommen wird.

und zum Gelingen von Lehrveranstaltungen beitrugen, allen voran Sebastian Spundflasch, Cathleen Schöne, Tobias Wienken, Cindy Mayas, Andreas Liebal, Regina Koreng und Tobias Steinert.

Neben Jacqueline Schuldt und Cassandra Bräuer gebührt mein Dank insbesondere unseren studentischen Hilfskräften, die neben ihrem eigenen Studium eine enorme Bereitschaft bei der Unterstützung des Vorhabens zeigten und insbesondere die erfolgreiche Durchführung der Laborstudien und Fokusgruppen sowie die Datenauswertung, z.B. die Analyse der Logfiles und die Transkription der Interviewdaten, erst möglich machten. Mein Dank richtet sich dahingehend an Jessica Weber, Beatrix Bau und Marie Jeanne Webers. Das Engagement und die Auffassungsgabe, mit der sie sich in für sie gänzlich neue Themenbereiche einarbeiteten und die Hilfsbereitschaft waren beispiellos und resultierten in unserer Wertschätzung. Danken möchte ich zudem Jacqueline Stauffenberg für die kritische Prüfung der Inhalte von NanoTecLearn und die zahlreichen Vorschläge zur Optimierung der dort enthaltenen Lernaufgaben sowie zur Integration von Lernvideos oder interaktiven Elementen. Einen besonderen Dank spreche ich zudem Lisa Schirmer aus, die durch ihre jahrelange Unterstützung bei der Durchführung der Lehrveranstaltungen zu einem stets gelungenen Ablauf beitrug, wodurch wiederum mehr Zeit für die Entstehung dieser Arbeit blieb. Neben studentischen Hilfskräften gilt mein Dank auch Studierenden, die sich mit Abschlussarbeiten am Gelingen des Vorhabens beteiligten. Dies gilt insbesondere für Nathalie Köhler und Stefanie Gatzemeier, deren Arbeiten direkt in die Evaluation von NanoTecLearn einflossen und die sich durch hohes Engagement und Sorgfalt bei der Durchführung ihrer Studien auszeichneten. Weiterhin bedanke ich mich bei Kushtrim Kajtazi, Maren Popp und Lisa Jacob, die durch ihre Abschlussarbeiten weiterführende Erkenntnisse im Bereich Bildungstechnologien beisteuern konnten.

Im Namen des gesamten Projektteams zur Optimierung und Evaluation von NanoTecLearn bedanke ich mich zudem beim Konsortium des SensoMot-Forschungsprojekts, das uns die Weiterentwicklung der Plattform überhaupt erst ermöglichte und mit seiner interdisziplinären Zusammensetzung unsere Perspektive im Bereich Lernmotivation und adaptives E-Learning gekonnt und fortwährend erweiterte. Abschließend gebührt mein Dank meiner Familie und Freunden für ihre fortwährende Unterstützung und ihr Vertrauen, das sie mir zu jeder Zeit entgegenbrachten, insbesondere meiner Freundin Maria Kapfenberger, die zudem aus gestalterischer Perspektive einen wichtigen Anteil am finalen Aussehen der Dissertationsschrift hatte.

Analog zur Lernmotivation konnte auch dieses Vorhaben nur aufgrund einer vorteilhaften Kombination von Personen- und Situationsfaktoren gelingen und analog zu einem Lernprozess konnte dieses Vorhaben nur durch die zielgerichtete Beteiligung und effiziente Kooperation zahlreicher Personen gelingen. Meinen herzlichsten Dank dafür.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	iii
Danksagung	v
Abbildungsverzeichnis.....	x
Tabellenverzeichnis	xiv
Abkürzungsverzeichnis	xxii
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation und Zielstellung der Arbeit	1
1.2 Aufbau der Arbeit.....	4
2 Adaptives E-Learning	8
2.1 Begriffsbestimmung E-Learning Systeme.....	8
2.2 Adaptive E-Learning Systeme.....	10
2.2.1 Begriffsbestimmung Adaptivität und Adaptation	11
2.2.2 Modellierung des Adaptationsprozesses in E-Learning Systemen.....	12
2.2.3 Adaptierbarkeit und Makroadaptation	17
2.2.4 Adaptivität und Mikroadaptation.....	18
2.3 Bestandteile adaptiver E-Learning Systeme.....	21
2.3.1 Domänenmodell.....	21
2.3.2 Benutzermodell	22
2.3.3 Adaptationsmodell	25
2.4 Techniken zur Visualisierung der Adaptation.....	26
2.4.1 Adaptive Inhaltspräsentation	27
2.4.2 Adaptive Navigationsunterstützung.....	28
3 Lernmotivation	30
3.1 Begriffsbestimmung Lernmotivation.....	30
3.1.1 Begriffsbestimmung Motivation und Kategorisierung zentraler Theorien	31
3.1.2 Begriffsabgrenzung Lernmotivation.....	35
3.1.3 Leistungsaspekte als Schwerpunkt der Lernmotivation.....	36
3.2 Prozessmodell der Lernmotivation beim selbstregulierten Lernen	40
3.2.1 Personenfaktoren	41
3.2.2 Situationsfaktoren	49
3.2.3 Aspekte aktueller Motivation.....	53
3.2.4 Vermittlungsgrößen aktueller Motivation	54
3.2.5 Lernresultate	56
3.3 Selbstreguliertes Lernen.....	57

4	Beschreibung des Untersuchungsdesigns und der Fallstudie	61
4.1	Synthese von adaptivem E-Learning und Lernmotivation zur Identifikation der Untersuchungsschwerpunkte	61
4.2	Forschungsfragen und Hypothesen.....	63
4.3	Beschreibung des Fallbeispiels NanoTecLearn.....	70
4.4	Beschreibung des Untersuchungsdesigns	80
5	Erste Phase des Untersuchungsdesigns: Studien zu Lernmotivation und Konzeption von Adaptationstechniken	83
5.1	Motivationsstudie im Kontext der nicht-adaptiven Plattformversion	83
5.1.1	Operationalisierung und verwendete Untersuchungsinstrumente	84
5.1.2	Ablauf der Untersuchung	89
5.1.3	Ergebnisse der Motivationsstudie 1	92
5.2	Onlinestudie zur Analyse motivationaler Personenfaktoren und genereller E-Learning Akzeptanz	127
5.2.1	Operationalisierung und verwendete Untersuchungsinstrumente	128
5.2.2	Ablauf der Untersuchung	130
5.2.3	Ergebnisse der Onlinestudie.....	130
5.3	Fokusgruppen mit Studierenden zur Konzeption der Adaptationstechniken.....	141
5.3.1	Untersuchungsdesign	142
5.3.2	Ablauf der Untersuchung	145
5.3.3	Ergebnisse der Fokusgruppen mit Studierenden	148
5.4	Fokusgruppe mit Experten zur Evaluation der Lernplattform und zur Konzeption der Adaptationstechniken	159
5.4.1	Ablauf der Untersuchung	159
5.4.2	Ergebnisse der Fokusgruppe mit Experten.....	160
6	Zweite Phase des Untersuchungsdesigns: Implementierung und vergleichende Evaluation von Adaptationstechniken	167
6.1	Konzeption und Umsetzung der Adaptationstechniken	167
6.1.1	Konzeption der motivationsbasierten Adaptation.....	167
6.1.2	Umsetzung der Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung.....	171
6.2	Adaptationstechniken Vergleichsstudie.....	177
6.2.1	Operationalisierung und verwendete Untersuchungsinstrumente	177
6.2.2	Ablauf der Untersuchung	180
6.2.3	Ergebnisse der Adaptationstechniken Vergleichsstudie	183

7	Dritte Phase des Untersuchungsdesigns: Implementierung und Evaluation der adaptiven E-Learning Plattform.....	232
7.1	Konzeption und Umsetzung der finalen adaptiven Plattformversion.....	232
7.2	Motivationsstudie im Kontext der adaptiven E-Learning Plattformversion	237
7.2.1	Operationalisierung und verwendete Untersuchungsinstrumente	238
7.2.2	Ablauf der Untersuchung	238
7.2.3	Ergebnisse der Motivationsstudie 2	241
7.3	Usability-Studie im Kontext der adaptiven E-Learning Plattformversion	264
7.3.1	Ablauf der Untersuchung	265
7.3.2	Ergebnisse der Usability-Studie	265
8	Diskussion der Ergebnisse und Ausblick.....	273
8.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	273
8.2	Diskussion der Ergebnisse	279
8.3	Ausblick.....	282
	Literaturverzeichnis.....	285
	Anhang	298

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau und Bestandteile der Arbeit (eigene Darstellung).....	6
Abbildung 2: Generisches Verarbeitungsschema eines adaptiven Systems (angepasst nach Jameson und Gajos 2012, S. 432).....	12
Abbildung 3: Kreislaufmodell eines Adaptationsprozesses (angepasst nach Shute und Zapata-Rivera 2012, S. 9).....	12
Abbildung 4: Lifecycle der Adaptation in interaktiven Systemen (angepasst nach Parcus de Koch 2001, S. 16).....	13
Abbildung 5: Generisches Framework eines adaptiven Systems (angepasst nach Mödritscher 2007, S. 21).....	14
Abbildung 6: System-Framework eines adaptiven LMS (angepasst nach Shute und Towle 2003, S. 111)	15
Abbildung 7: Modell zur Klassifikation des Adaptationsprozesses (angepasst nach Knutov et al. 2009, S. 8).....	16
Abbildung 8: Makroadaptation als Wirkungskreismodell (angepasst nach Leutner 2004, S. 292)	17
Abbildung 9: Mikroadaptation als geschlossener Wirkungskreis (angepasst nach Leutner 2004, S. 292)	18
Abbildung 10: Generische Darstellung eines AEHS (angepasst nach Mulwa et al. 2010, S. 76)	20
Abbildung 11: Taxonomie etablierter Methoden und Techniken der Adaptation (angepasst nach Knutov et al. 2009, S. 26).....	27
Abbildung 12: Grundmodell der Motivationspsychologie (angepasst nach Rheinberg und Vollmeyer 2018, S. 70).....	33
Abbildung 13: Leistungsmotivation entsprechend des Risiko-Wahl-Modells (angepasst nach Küfner 2010, S. 76 und Brunstein und Heckhausen 2010, S. 163–165).....	37
Abbildung 14: Erweitertes kognitives Motivationsmodell (angepasst nach Heckhausen und Heckhausen 2010b, S. 5 und Rheinberg 1989, S. 104)	38
Abbildung 15: Erwartungs-mal-Wert-Modell zur Erklärung von Leistungserbringung und Aufgabenwahl (angepasst nach Wigfield et al. 2009, S. 57	39
Abbildung 16: Kognitiv motivationales Prozessmodell des selbstregulierten Lernens (angepasst nach Rheinberg et al. 2000, S. 505 und Engeser 2005, S. 52).....	40
Abbildung 17: Beziehung zwischen individuellem und situativem Interesse und Auswirkungen auf das Lernen (angepasst nach Küfner 2010, S. 94 und Krapp 1992, S. 750).....	43
Abbildung 18: Selbstbestimmungskontinuum des subjektiv empfundenen Ursprungs der Motivation und zugehörigen Regulationsprozessen (angepasst nach Ryan und Deci 2000, S. 72 und Küfner 2010, S. 104)	44
Abbildung 19: Technologieakzeptanzmodell nach Davis (angepasst nach Olbrecht 2010, S. 24 und Davis 1989)	48
Abbildung 20: Makromodell zur Beschreibung von Motivation, Lernen und Leistung (angepasst nach Keller 2008, S. 83).....	50
Abbildung 21: Circumplex-Modell der Emotionsdimensionen positive Aktivierung, negative Aktivierung und Valenz (angepasst nach Schallberger 2005, S. 13 und Watson und Tellegen 1985) ..	55
Abbildung 22: Drei-Schichten-Modell der Selbstregulation (angepasst nach Boekaerts 1999, S. 449 und Bachmann 2009, S. 24).....	58
Abbildung 23: Phasenmodell der Selbstregulation (angepasst nach Bachmann 2009, S. 32 und Zimmerman 2000)	58
Abbildung 24: Startseite von NanoTecLearn in Form der Fachlandkarte der Mikro-Nano-Integration (eigener Screenshot)	72
Abbildung 25: Beispiel für die Darstellung der Booklets in NanoTecLearn (eigener Screenshot)	73

Abbildung 26: Interaktiver Probenbetrachter von NanoTecLearn am Beispiel Siliciumgras (eigener Screenshot).....	73
Abbildung 27: Interaktive Formeln von NanoTecLearn am Beispiel Benetzung (eigener Screenshot)	74
Abbildung 28: Interaktive 3D-Modelle von NanoTecLearn am Beispiel REM (eigener Screenshot)	74
Abbildung 29: Screendesign von NanoTecLearn entsprechend des Styleguides (Hoffmann und Krömker 2015, S. 19)	75
Abbildung 30: Navigationsebenen von NanoTecLearn (eigener Screenshot).....	76
Abbildung 31: Visualisierung des Glossar Mouse-Over-Effekts (links) und der Glossar-Liste (rechts) (eigene Screenshots)	77
Abbildung 32: Inhaltsbibliothek im Backend von NanoTecLearn (Krömker und Hoffmann 2017, S. 17)	77
Abbildung 33: Editor der Booklets (links HTML, rechts Live-Vorschau) (Krömker und Hoffmann 2017, S. 17).....	78
Abbildung 34: ARCS-Modell und dazugehörige Hauptkategorien zur Evaluation von NanoTecLearn (angepasst nach Köhler 2018, S. 18 auf Basis von Keller 1987)	78
Abbildung 35: Dreiphasiges Untersuchungsdesign zur Evaluation der Lernmotivation und Adaptation anhand des Fallbeispiels NanoTecLearn (eigene Darstellung).....	81
Abbildung 36: Operationalisiertes Prozessmodell der Lernmotivation (eigene Darstellung auf Basis der Anpassungen von Engeser 2005, S. 52 und Bachmann 2009, S. 50)	85
Abbildung 37: Untersuchungssetting der Motivationsstudie 1 (Foto zur Verfügung gestellt von Jacqueline Schuldt).....	89
Abbildung 38: Ablauf und Bestandteile der Motivationsstudie 1 (eigene Darstellung)	90
Abbildung 39: Mediationsmodell zur Vorhersage der Lernresultate durch die aktuelle Motivation vermittelt über das emotionale Befinden (eigene Darstellung nach Modell 6 von Hayes 2013, S. 10)	112
Abbildung 40: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die positive Aktivierung	113
Abbildung 41: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die negative Aktivierung	114
Abbildung 42: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die Valenz.....	115
Abbildung 43: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die positive Aktivierung	116
Abbildung 44: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die Valenz.....	117
Abbildung 45: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die Valenz.....	118
Abbildung 46: Dekompositionsmodell der Adaptation (angepasst nach Paramythis et al. 2010, S. 394)	143
Abbildung 47: Ablauf und Bestandteile der Fokusgruppen mit Studierenden (eigene Darstellung)..	146
Abbildung 48: User Interface-Element zur Einschätzung der aktuellen Motivation in NanoTecLearn	168
Abbildung 49: User Interface-Element zum Einblenden von Antworten im Abschnitt Reflexion (eigener Screenshot)	172
Abbildung 50: Visualisierung der Adaptation mithilfe der Adaptationstechnik Link Annotation (eigener Screenshot)	174
Abbildung 51: Visualisierung der Adaptation mithilfe der Adaptationstechnik Direct Guidance (eigener Screenshot)	175
Abbildung 52: Agenten-Icon der zugehörigen adaptiven Plattformversion (eigener Screenshot)....	176

Abbildung 53: Visualisierung der Vorschlagsliste der adaptiven Plattformversion Agent (eigener Screenshot).....	176
Abbildung 54: Skalenstruktur des UEQ (angepasst nach Schrepp 2017, S. 3)	179
Abbildung 55: Ablauf und Bestandteile der Adaptationstechniken Vergleichsstudie (eigene Darstellung)	181
Abbildung 56: Motivationsverlauf der Kontrollgruppenversion für beide Motivationsindikatoren ..	186
Abbildung 57: Motivationsverlauf der Link Annotation-Version für beide Motivationsindikatoren..	186
Abbildung 58: Motivationsverlauf der Direct Guidance-Version für beide Motivationsindikatoren .	186
Abbildung 59: Motivationsverlauf der Agentenversion für beide Motivationsindikatoren	186
Abbildung 60: YouTube-Lernvideo zu Adhäsion und Kohäsion im Theorieabschnitt des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“	233
Abbildung 61: Einblendbare Lösungen der zugeordneten interaktiven Abschnitte des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“	233
Abbildung 62: Multiple-Choice-Quiz zur Wiederholung des Theorieabschnitts des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“	234
Abbildung 63: Multiple-Choice-Quiz zur Wiederholung der interaktiven Proben des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“	235
Abbildung 64: Drag-and-Drop-Quiz zur Wiederholung von Fachbegriffen des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“	235
Abbildung 65: User Interface der finalen Plattformversion nach Einschätzung der aktuellen Motivation.....	236
Abbildung 66: Ablauf und Bestandteile der Motivationsstudie 2 (eigene Darstellung)	239
Abbildung 67: Motivationsverlauf der finalen Plattformversion für beide Motivationsindikatoren..	258
Abbildung 68: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die negative Aktivierung	313
Abbildung 69: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die positive Aktivierung	313
Abbildung 70: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die negative Aktivierung	314
Abbildung 71: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die Valenz.....	314
Abbildung 72: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die positive Aktivierung	315
Abbildung 73: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die negative Aktivierung	315
Abbildung 74: Persona-Vorlagen Max und Lara der Fokusgruppen mit Studierenden	337
Abbildung 75: Persona-Vorlagen Moritz und Lena der Fokusgruppen mit Studierenden.....	338
Abbildung 76: Storyboard-Template des User as Wizard Experiments	338
Abbildung 77: String of Pearls Modell zur Visualisierung der Booklet-Reihenfolge und zugehörigen Exkurse (eigene Darstellung).....	344
Abbildung 78: Visualisierung der Mittelwerte der UEQ-Faktoren der Kontrollgruppenversion	362
Abbildung 79: Visualisierung der Mittelwerte der UEQ-Faktoren der Link Annotation-Version.....	362
Abbildung 80: Visualisierung der Mittelwerte der UEQ-Faktoren der Direct Guidance-Version	363
Abbildung 81: Visualisierung der Mittelwerte der UEQ-Faktoren der Agent-Version.....	363
Abbildung 82: Visualisierung der Mittelwerte der UEQ-Faktoren aus dem Forschungsprojekt NanoTecLearn (projektinterne Usability Evaluation).....	363
Abbildung 83: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die positive Aktivierung	379

Abbildung 84: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die negative Aktivierung	379
Abbildung 85: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die Valenz.....	380
Abbildung 86: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die positive Aktivierung	380
Abbildung 87: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die negative Aktivierung	381
Abbildung 88: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die Valenz.....	381
Abbildung 89: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die positive Aktivierung	382
Abbildung 90: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die negative Aktivierung	382
Abbildung 91: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die Valenz.....	383
Abbildung 92: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die positive Aktivierung	383
Abbildung 93: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die negative Aktivierung	384
Abbildung 94: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die Valenz.....	384
Abbildung 95: Visualisierung der UEQ-Daten der finalen Plattformversion	393

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Teilstudienfragen und Hypothesen der Arbeit	65
Tabelle 2: Forschungsfragen und Hypothesen der Motivationsstudien	66
Tabelle 3: Forschungsfragen und Hypothesen der Adaptationstechniken Vergleichsstudie und Usability-Studie	67
Tabelle 4: Forschungsfrage und Hypothesen der Onlinestudie zur Analyse der Personenfaktoren	68
Tabelle 5: Forschungsfragen der qualitativen Erhebungen mit der nicht-adaptiven NanoTecLearn Lernplattform	68
Tabelle 6: Abbildung der Forschungsfragen und Hypothesen der Teilstudien auf die übergeordneten Teilstudienfragen und Hypothesen der Arbeit	69
Tabelle 7: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des FAM	94
Tabelle 8: Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Vorwissenstest	95
Tabelle 9: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Herausforderung durch den Vorwissenstest.....	95
Tabelle 10: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch den Vorwissenstest	95
Tabelle 11: Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung.....	96
Tabelle 12: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch die Selbstwirksamkeitserwartung	97
Tabelle 13: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Misserfolgsbefürchtung durch die Selbstwirksamkeitserwartung	97
Tabelle 14: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Selbstwirksamkeitserwartung durch den Vorwissenstest	97
Tabelle 15: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des IMMS	98
Tabelle 16: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Instruktionsdesign	99
Tabelle 17: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch das Instruktionsdesign	100
Tabelle 18: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Herausforderung durch das Instruktionsdesign	100
Tabelle 19: Zusammenhang zwischen Vorwissenstest und Instruktionsdesign	101
Tabelle 20: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Confidence durch den Vorwissenstest	101
Tabelle 21: Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeitserwartung und Instruktionsdesign	102
Tabelle 22: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des PANAVA-KS (1. Messung)	103
Tabelle 23: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Ausgangswert des emotionalen Befindens.....	103
Tabelle 24: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der positiven Aktivierung der ersten Messung durch die aktuelle Motivation	104
Tabelle 25: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der ersten Messung durch die aktuelle Motivation	105
Tabelle 26: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Valenz der ersten Messung durch die aktuelle Motivation	105
Tabelle 27: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und Maxima der PANAVA-KS Messzeitpunkte zwei bis vier	106
Tabelle 28: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und den drei Messzeitpunkten des emotionalen Befindens während der E-Learning Session.....	106

Tabelle 29: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der positiven Aktivierung der zweiten Messung durch die aktuelle Motivation	107
Tabelle 30: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der zweiten Messung durch die aktuelle Motivation.....	108
Tabelle 31: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Valenz der zweiten Messung durch die aktuelle Motivation.....	108
Tabelle 32: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der positiven Aktivierung der dritten Messung durch die aktuelle Motivation	109
Tabelle 33: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der dritten Messung durch die aktuelle Motivation	109
Tabelle 34: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Valenz der dritten Messung durch die aktuelle Motivation	110
Tabelle 35: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der positiven Aktivierung der vierten Messung durch die aktuelle Motivation	110
Tabelle 36: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der vierten Messung durch die aktuelle Motivation	111
Tabelle 37: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Valenz der vierten Messung durch die aktuelle Motivation.....	111
Tabelle 38: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen des FSI und des Akzeptanz-Fragebogens	131
Tabelle 39: Zusammenhang zwischen Studieninteresse und E-Learning Akzeptanz.....	132
Tabelle 40: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren der extrinsischen Motivation des SRQ-A	133
Tabelle 41: Zusammenhänge zwischen Studieninteresse und extrinsischer Motivation	133
Tabelle 42: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der externalen Regulation durch das Studieninteresse.....	134
Tabelle 43: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der introjizierten Regulation durch das Studieninteresse	135
Tabelle 44: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der identifizierten Regulation durch das Studieninteresse	135
Tabelle 45: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der intrinsischen Regulation durch das Studieninteresse	136
Tabelle 46: Zusammenhang zwischen E-Learning Akzeptanz und extrinsischer Motivation.....	138
Tabelle 47: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der E-Learning Akzeptanz durch die extrinsische Motivation.....	138
Tabelle 48: Skala zur Auswertung der Motivationseinschätzung (Ez – Erfolgzuversicht, In – Interesse)	184
Tabelle 49: Vergleich der durchschnittlichen Motivationseinschätzungen und Verweildauern der Plattformversionen im Kapitel Kontaktwinkelmessgerät	185
Tabelle 50: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des FAM	189
Tabelle 51: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des Kontrollempfindens.....	190
Tabelle 52: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Kontrollempfinden der Kontrollgruppenversion	191
Tabelle 53: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe).....	192
Tabelle 54: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Kontrollempfinden der Link Annotation-Version	192

Tabelle 55: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch das Kontrollempfinden (Link Annotation)	193
Tabelle 56: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Herausforderung durch das Kontrollempfinden (Link Annotation)	193
Tabelle 57: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Kontrollempfinden der Direct Guidance-Version.....	193
Tabelle 58: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch das Kontrollempfinden (Direct Guidance).....	194
Tabelle 59: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Kontrollempfinden der Agentenversion	194
Tabelle 60: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Misserfolgsbefürchtung durch das Kontrollempfinden (Agent).....	194
Tabelle 61: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen des UEQ.....	195
Tabelle 62: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und User Experience der Kontrollgruppenversion	197
Tabelle 63: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Herausforderung durch die User Experience (Kontrollgruppe)	197
Tabelle 64: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch die User Experience (Kontrollgruppe)	198
Tabelle 65: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und User Experience der Link Annotation-Version	198
Tabelle 66: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Herausforderung durch die User Experience (Link Annotation)	198
Tabelle 67: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und User Experience der Direct Guidance-Version	199
Tabelle 68: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch die User Experience (Direct Guidance).....	199
Tabelle 69: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und User Experience der Agentenversion	200
Tabelle 70: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch die User Experience (Agent)	200
Tabelle 71: Skalenmittelwerte und Standardabweichungen der Faktoren der Technologieakzeptanz	201
Tabelle 72: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Technologieakzeptanz der Kontrollgruppenversion	202
Tabelle 73: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch die Technologieakzeptanz (Kontrollgruppe)	202
Tabelle 74: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Technologieakzeptanz der Link Annotation-Version	203
Tabelle 75: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation).....	203
Tabelle 76: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Technologieakzeptanz der Direct Guidance-Version.....	203
Tabelle 77: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance).....	204
Tabelle 78: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Technologieakzeptanz der Agentenversion	204
Tabelle 79: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und User Experience der Kontrollgruppenversion	207

Tabelle 80: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch die Technologieakzeptanz (Kontrollgruppe)	208
Tabelle 81: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und User Experience der Link Annotation-Version	208
Tabelle 82: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Attraktivität durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation).....	209
Tabelle 83: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Effizienz durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation).....	209
Tabelle 84: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation).....	209
Tabelle 85: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation).....	210
Tabelle 86: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Originalität durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation).....	210
Tabelle 87: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und User Experience der Direct Guidance-Version	211
Tabelle 88: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Attraktivität durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance).....	211
Tabelle 89: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Effizienz durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance).....	211
Tabelle 90: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance).....	212
Tabelle 91: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance).....	212
Tabelle 92: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Originalität durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance).....	212
Tabelle 93: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und User Experience der Agentenversion	213
Tabelle 94: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Attraktivität durch die Technologieakzeptanz (Agent)	213
Tabelle 95: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch die Technologieakzeptanz (Agent)	214
Tabelle 96: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Steuerbarkeit durch die Technologieakzeptanz (Agent)	214
Tabelle 97: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch die Technologieakzeptanz (Agent)	214
Tabelle 98: Zusammenhänge zwischen Kontrollempfinden und User Experience der Kontrollgruppenversion	215
Tabelle 99: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Attraktivität durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe).....	215
Tabelle 100: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Effizienz durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe).....	216
Tabelle 101: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe).....	216
Tabelle 102: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Steuerbarkeit durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe).....	216
Tabelle 103: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Originalität durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe).....	217

Tabelle 104: Zusammenhänge zwischen Kontrollempfinden und User Experience der Link Annotation-Version.....	217
Tabelle 105: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Effizienz durch das Kontrollempfinden (Link Annotation)	218
Tabelle 106: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch das Kontrollempfinden (Link Annotation)	218
Tabelle 107: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Originalität durch das Kontrollempfinden (Link Annotation)	218
Tabelle 108: Zusammenhänge zwischen Kontrollempfinden und User Experience der Direct Guidance-Version.....	219
Tabelle 109: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch das Kontrollempfinden (Direct Guidance)	219
Tabelle 110: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Steuerbarkeit durch das Kontrollempfinden (Direct Guidance)	219
Tabelle 111: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch das Kontrollempfinden (Direct Guidance)	219
Tabelle 112: Zusammenhänge zwischen Kontrollempfinden und User Experience der Agentenversion	220
Tabelle 113: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Attraktivität durch das Kontrollempfinden (Agent)	220
Tabelle 114: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Effizienz durch das Kontrollempfinden (Agent)	221
Tabelle 115. Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch das Kontrollempfinden (Agent)	221
Tabelle 116: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Steuerbarkeit durch das Kontrollempfinden (Agent)	221
Tabelle 117: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch das Kontrollempfinden (Agent)	221
Tabelle 118: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und Kontrollempfinden der Kontrollgruppenversion	222
Tabelle 119: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Controllability durch die Technologieakzeptanz (Kontrollgruppe)	222
Tabelle 120: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und Kontrollempfinden der Link Annotation-Version	223
Tabelle 121: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Comfort of Use durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation).....	223
Tabelle 122: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Transparency durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation).....	224
Tabelle 123: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und Kontrollempfinden der Direct Guidance-Version	224
Tabelle 124: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Comfort of Use durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance).....	224
Tabelle 125: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Transparency durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance).....	225
Tabelle 126: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und Kontrollempfinden der Agentenversion	225
Tabelle 127: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Controllability durch die Technologieakzeptanz (Agent)	225

Tabelle 128: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Comfort of Use durch die Technologieakzeptanz (Agent)	226
Tabelle 129: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Transparency durch die Technologieakzeptanz (Agent)	226
Tabelle 130: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des FAM	242
Tabelle 131: Zusammenhang zwischen Motivation und Vorwissenstest	243
Tabelle 132: Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch den Vorwissenstest	244
Tabelle 133: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch den Vorwissenstest	244
Tabelle 134: Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung....	245
Tabelle 135: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des IMMS	245
Tabelle 136: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Instruktionsdesign.....	246
Tabelle 137: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch das Instruktionsdesign	247
Tabelle 138: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch das Instruktionsdesign.....	247
Tabelle 139: Zusammenhang zwischen Vorwissenstest und Instruktionsdesign	248
Tabelle 140: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Confidence durch den Vorwissenstest	248
Tabelle 141: Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeitserwartung und Instruktionsdesign	248
Tabelle 142: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des PANAVA (1. Messung)	249
Tabelle 143: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Ausgangswert des emotionalen Befindens.....	249
Tabelle 144: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der ersten Messung durch die aktuelle Motivation	250
Tabelle 145: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und Maxima der PANAVA-KS Messzeitpunkte zwei bis vier	251
Tabelle 146: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und den drei Messzeitpunkten des emotionalen Befindens während der E-Learning Session.....	252
Tabelle 147: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der positiven Aktivierung der dritten Messung durch die aktuelle Motivation	252
Tabelle 148: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der vierten Messung durch die aktuelle Motivation	253
Tabelle 149: Vergleich der durchschnittlichen Motivationseinschätzungen und Verweildauern der finalen Plattformversion im Kapitel Wechselwirkungen an Grenzflächen	258
Tabelle 150: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des Kontrollempfindens.....	267
Tabelle 151: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der UEQ-Dimensionen	267
Tabelle 152: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren der Technologieakzeptanz	268
Tabelle 153: Häufigkeitsanalyse Vorwissen- und Abschlussstest.....	308
Tabelle 154: Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter und Fachsemester	309
Tabelle 155: Häufigkeitsanalyse von Geschlecht, Studiengang und Abschluss	309
Tabelle 156: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Fragebogens zur Selbstwirksamkeitserwartung	310
Tabelle 157: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM	310

Tabelle 158: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des IMMS	311
Tabelle 159: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des PANAVA-KS für alle vier Messzeitpunkte	312
Tabelle 160: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 1).....	316
Tabelle 161: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 1.1).....	316
Tabelle 162: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 1.2).....	317
Tabelle 163: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 2).....	317
Tabelle 164: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 2.1).....	317
Tabelle 165: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 2.2).....	318
Tabelle 166: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 3).....	319
Tabelle 167: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 3.1).....	320
Tabelle 168: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 3.2).....	320
Tabelle 169: Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter und Fachsemester	326
Tabelle 170: Häufigkeitsanalyse von Geschlecht, Studiengang und Abschluss	326
Tabelle 171: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FSI	327
Tabelle 172: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des SRQ-A	328
Tabelle 173: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Akzeptanzfragebogens.....	328
Tabelle 174: Häufigkeitsanalyse der E-Learning Nutzung	329
Tabelle 175: Analyse zusätzlicher Items zu E-Learning Nutzungsgewohnheiten.....	330
Tabelle 176: Kategoriensystem der Fokusgruppen mit Studierenden.....	341
Tabelle 177: Kategoriensystem der Expertenfokusgruppe	343
Tabelle 178: Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter und Fachsemester	353
Tabelle 179: Häufigkeitsanalyse von Geschlecht, Studiengang und Abschluss	353
Tabelle 180: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM der Kontrollgruppenversion	354
Tabelle 181: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Technologieakzeptanz der Kontrollgruppenversion	354
Tabelle 182: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Kontrollempfindens der Kontrollgruppenversion	355
Tabelle 183: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des UEQ der Kontrollgruppenversion	355
Tabelle 184: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM der Link Annotation-Version	356
Tabelle 185: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Technologieakzeptanz der Link Annotation-Version	356
Tabelle 186: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Kontrollempfindens der Link Annotation-Version	357
Tabelle 187: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des UEQ der Link Annotation-Version	357
Tabelle 188: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM der Direct Guidance-Version.....	358
Tabelle 189: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Technologieakzeptanz der Direct Guidance-Version.....	358
Tabelle 190: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Kontrollempfindens der Direct Guidance-Version	359
Tabelle 191: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des UEQ der Direct Guidance-Version	359
Tabelle 192: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM der Agentenversion	360

Tabelle 193: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Technologieakzeptanz der Agentenversion	360
Tabelle 194: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Kontrollempfindens der Agentenversion	361
Tabelle 195: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des UEQ der Agentenversion.....	361
Tabelle 196: Leitfaden zur Strukturierung, Bereinigung und Auswertung der Logfiles	364
Tabelle 197: Zusammenfassung der offenen Fragen (Fragestellung 1)	366
Tabelle 198: Zusammenfassung der offenen Fragen (Fragestellung 2)	366
Tabelle 199: Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter und Fachsemester	375
Tabelle 200: Häufigkeitsanalyse von Geschlecht, Studiengang und Abschluss	375
Tabelle 201: Häufigkeitsanalyse Vorwissens- und Abschlusstest	375
Tabelle 202: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM	376
Tabelle 203: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Selbstwirksamkeitserwartung	376
Tabelle 204: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des IMMS	377
Tabelle 205: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des PANAVA-KS für alle vier Messzeitpunkte	378
Tabelle 206: Zusammenfassung der offenen Fragen (Fragestellung 1)	385
Tabelle 207: Zusammenfassung der offenen Fragen (Fragestellung 2)	385
Tabelle 208: Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter und Fachsemester	391
Tabelle 209: Häufigkeitsanalyse von Geschlecht, Studiengang und Abschluss	391
Tabelle 210: Skalenmittelwerte und Standardabweichungen der Items des Kontrollempfindens der finalen Version.....	392
Tabelle 211: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Technologieakzeptanz der finalen Version.....	392
Tabelle 212: Skalenmittelwerte und Standardabweichungen der Items des UEQ der finalen Version	393

Abkürzungsverzeichnis

Liste der verwendeten Abkürzungen

AEHS	<i>Adaptive Educational Hypermedia Systems</i>
ANOVA.....	<i>Varianzanalyse</i>
ARCS	<i>Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction</i>
ASKU	<i>Allgemeine Selbstwirksamkeit Kurzskala</i>
ATI.....	<i>Aptitude Treatment Interaction</i>
BMBF	<i>Bundesministerium für Bildung und Forschung</i>
FAM	<i>Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation</i>
FSI	<i>Fragebogen zum Studieninteresse</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IMMS	<i>Instructional Materials Motivation Survey</i>
ITS.....	<i>Intelligente Tutorielle Systeme</i>
LMS.....	<i>Learning Management Systems</i>
NGSES	<i>New General Self-Efficacy Scale</i>
PANAVA-KS.....	<i>Kurzskala zur Erfassung der positiven Aktivierung, negativen Aktivierung und Valenz</i>
PHP	<i>PHP: Hypertext Preprocessor</i>
REM	<i>Rasterelektronenmikroskop</i>
SDI.....	<i>Selbstbestimmungsindex</i>
SRQ-A.....	<i>Academic Self-Regulation Questionnaire</i>
TAT.....	<i>Thematischer Auffassungstest</i>
UEQ.....	<i>User Experience Questionnaire</i>
UX	<i>User Experience</i>

Legende der statistischen Kenngrößen

α	Interne Konsistenz
β	Standardisierte Koeffizienten
η	Effektstärke
B	Regressionskoeffizient
c	Totaler Effekt
c'	Direkter Effekt
KI	Konfidenzintervall
M	Mittelwert
N	Stichprobengröße
r	Korrelationskoeffizient
R^2	Bestimmtheitsmaß
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler

1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielstellung der Arbeit

Lernprozesse von Studierenden an Hochschulen erfahren neben dem klassischen Präsenzunterricht in Form von Vorlesungen und Seminaren eine beständige Ausdifferenzierung und Anreicherung mithilfe medialer Formen der Wissensvermittlung. Zunehmend von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang der Ansatz des E-Learnings, der es Lernenden ermöglicht, autodidaktisch, in sozialen Gruppen oder unter tutorieller Betreuung Wissen anzueignen und zu vertiefen. Im Hochschulkontext werden E-Learning Angebote mittlerweile weithin als geeignete Ergänzung zu Präsenzveranstaltungen angesehen, wobei besonders die Verbesserung der Lerneffizienz und Selbstwirksamkeit durch gezielte eigenständig zu erarbeitende Zusatzkurse betont wird, sowie eine daraus resultierende höhere Lernmotivation und Lernerfolge (Arnold et al. 2018, S. 33). Neben den für Lehrende und Lernende gleichermaßen etablierten Formen des Lernmanagements durch Systeme, wie z.B. Moodle oder ILIAS, entstehen zunehmend Angebote zur Optimierung der Wissensaufnahme sowie -verarbeitung durch interaktive Inhalte und zum selbstregulierten, eigenständigen Kompetenzerwerb. Dies kann zu ortsunabhängigem und flexilem Lernen führen (Kreidl 2011, S. 15).

Das auf Makroebene für den erfolgreichen Abschluss eines Studiums per se wichtige Konzept der Selbstregulation ist auf Mikroebene besonders beim Lernen mit Lernplattformen, Lernvideos oder sonstigen multimedialen Angeboten eine wichtige Bedingungsgröße (Kerres 2013, S. 5). Beim Wissens- und Kompetenzerwerb kommt neben den erforderlichen kognitiven Lernstrategien des Wiederholens, Elaborierens und Organisierens von Inhalten und metakognitiven Lernstrategien des Planens und Kontrollierens des Prozesses auch motivationalen und emotionalen Strategien eine zentrale Bedeutung als aktivierende Faktoren zu. Lernmotivation ist demnach eine entscheidende Bedingungsgröße für das Ausmaß investierter Anstrengung und Persistenz sowie für die Wahl von Aufgaben, die dem eigenen Kompetenzniveau angemessen sind. Darüber hinaus profitieren fachliches Interesse und Behaltensleistung ebenfalls von einer ausgeprägten Lernmotivation (Friedrich und Mandl 2006, S. 7). Die Rolle des Aktivierens der zielgerichteten Auseinandersetzung mit Lerninhalten übernehmen in klassischen Präsenzkontexten die Lehrenden. Dies entfällt in E-Learning Settings für gewöhnlich, was es vielen Lernenden erschwert, sich bei auftretenden Verständnisproblemen oder Lernblockaden weiterhin den vermittelten Inhalten zu widmen und sich somit nach dem Alltagsverständnis „zu motivieren“. Die Selbstregulation des Lernprozesses durch die Lernenden führte in der Vergangenheit bei reinen E-Learning Formaten oftmals zu hohen Abbruchquoten, weshalb sich zunehmend das Konzept des Blended Learnings als Anreicherung von Präsenzunterricht mit mediengestütztem Lernen etablierte (Kerres 2013, S. 8). Mödritscher merkte darauf aufbauend an, dass die starke Fokussierung auf die verwendeten Technologien zur Implementierung zugunsten einer

Perspektive verschoben werden sollte, die die didaktische Konzeption und die Charakteristiken von Lernenden sowie deren Zustände während des Lernprozesses stärker berücksichtigt. Adaptives E-Learning wurde dahingehend als Möglichkeit benannt, dies zu erreichen (Mödritscher 2007, S. 1). Nach Leutner ist die Adaptivität von Lernsystemen davon abhängig, inwieweit diese Systeme den Unterstützungsbedarf von Lernenden erfassen können und diese in passfähige Instruktionen transformieren können. Ein wichtiger Faktor ist zudem die Periodizität der Anpassungen, das heißt ob diese lediglich einmalig oder auf Basis einer kontinuierlichen Erfassung von Charakteristiken des Lernenden wiederholt vorgenommen werden (Leutner 2009, S. 117–118). In Frage kommen dafür eine Vielzahl von Eigenschaften, wie der aktuelle Wissensstand, das domänenspezifische Vorwissen, die Lernziele oder das situativ wirksame Interesse (Brusilovsky 2007, S. 5). Lernmotivation, wenngleich als wichtige Voraussetzung eines erfolgreichen Lernprozesses benannt, erfuhr als Ausgangspunkt für die Anpassung eines E-Learning Systems bisher kaum Beachtung (Mödritscher 2007, S. 156).

Als zentrale Forschungsfrage der Arbeit, die in Kapitel 4 in Unteforschungsfragen und Hypothesen aufgegliedert wird, resultierte somit:

Inwiefern eignet sich adaptives E-Learning zur Förderung der Lernmotivation von Studierenden beim selbstregulierten Lernen?

Als Fallbeispiel diente eine für die Natur- und Ingenieurwissenschaften repräsentative und vorab hinsichtlich inhaltlicher Gestaltung, didaktischer Konzeption und Benutzerfreundlichkeit evaluierte nicht-adaptive Lernplattform für den Themenbereich Mikro- und Nanotechnologie. Die „NanoTecLearn“ Lernplattform sollte zur Beantwortung der Forschungsfrage in einem mehrphasigen Prozess in ein auf die Lernmotivation reagierendes adaptives Lernsystem überführt werden. Die Aussagekraft der Ergebnisse war auf die Lernumwelt Hochschule begrenzt und der Fokus der Evaluation war lernendenzentriert, das heißt auf die Akzeptanz von E-Learning Angeboten und die Entwicklung des Motivationsverlaufs beim Lernen mit einem solchen System ausgerichtet. Die Lernmotivation war im Kontext der Arbeit folglich die zentrale Charakteristik, auf Basis derer die Systemanpassungen erfolgten. Da sowohl Motivation als auch Adaptivität vielschichtige Konstrukte mit zahlreichen historisch gewachsenen Forschungsströmungen sind, wurden beide Begriffe operationalisiert und somit angemessen für die Bearbeitung der Thematik nutzbar gemacht. Konkret mussten dahingehend passende Modelle zur Beschreibung der Lernmotivation in selbstregulierten Lern- und Leistungssituationen sowie geeignete Messgrößen und -instrumente identifiziert werden. Ferner wurden geeignete Adaptationstechniken und -methoden analysiert, konzipiert und implementiert, die eine Systemanpassung auf Basis der aktuell wirksamen Motivation ermöglichten. Die Untersuchungen wurden in Form eines dreiphasigen Prozesses gegliedert, der zur Beantwortung der Forschungsfragen und Hypothesen dienen sollte. Es sollte zudem untersucht werden, inwieweit die in einem E-Learning System eingesetzten Adaptationstechniken die Lernmotivation von

Studierenden fördern könnten. Daraus ließen sich drei Zielstellungen der Arbeit identifizieren, die mithilfe der durchgeführten Studien überprüft wurden:

- Der selbstregulierte Lernprozess, der E-Learning Systemen zugrunde liegt, sollte aus motivationaler Sicht mithilfe eines geeigneten Modells dargestellt werden. Besonderes Augenmerk lag dabei auf der Analyse der Beschaffenheit der Population der Studierenden, die für die Durchführung der Studien in Frage kamen, sowie auf der Analyse des Motivationsverlaufs bei der Arbeit mit der als Fallbeispiel gewählten E-Learning Plattform NanoTecLearn. Der Fokus lag auf einer Analyse des Verlaufs auf Mikroebene, das heißt in einer zeitlich begrenzten Lernsession, anstelle von Langzeituntersuchungen (z.B. über den Verlauf eines Semesters hinweg) und lieferte somit lediglich eine erste Betrachtung der Eignung von adaptivem E-Learning zur Förderung der Lernmotivation. Die Inhalte der bereits existierenden nicht-adaptiven NanoTecLearn Plattform sowie die vorhandenen Studiengänge der Technischen Universität Ilmenau führten weiterhin zu einer Eingrenzung der zu untersuchenden Population auf Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften.
- Die E-Learning Plattform sollte unter motivationalen Gesichtspunkten optimiert werden, mit Schwerpunkt auf das Instruktionsdesign, die Gestaltung der Benutzerschnittstelle und die Benutzerführung. Dafür sollten geeignete Modelle und Richtlinien zur Motivationsförderung im E-Learning identifiziert und Methoden der benutzerzentrierten Entwicklung von Softwareanwendungen nutzbar gemacht werden, um die Anforderungen der Studierenden erfassen zu können. Der Fokus lag dabei auf Seiten des fertigen Systems sowie der grafischen Benutzerschnittstelle und nicht auf den Möglichkeiten des Authorings für Lehrende. Die Adaptivität und nicht Lern- oder Content-Management standen somit im Vordergrund der Untersuchungen.
- Die Verbindung von Möglichkeiten zur Erfassung der Lernmotivation und entsprechenden adaptiven Systemreaktionen sollte untersucht werden. Es sollten dahingehend, geeignete Motivationsindikatoren zur Einschätzung der aktuell wirksamen Motivation identifiziert werden, die zudem den Lernprozess möglichst wenig störten oder unterbrachen. Weiterhin sollten auf Basis der gegebenen Ressourcen der bestehenden Lernplattform passfähige Adaptationstechniken identifiziert und implementiert werden, die die inhaltliche und didaktische Integrität der Lernplattform im Themenbereich Mikro- und Nanotechnologie nicht beeinträchtigten. Die Untersuchungen griffen dahingehend primär auf bestehende Fragebögen der Motivationspsychologie als Basis für Selbsteinschätzungen zurück.

1.2 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der vorliegenden Arbeit orientierte sich an der in Abschnitt 1.1 genannten Forschungsfrage und den daraus abgeleiteten Teilzielen. Der erste Teil der Arbeit bildete das theoretische Fundament für die nachfolgenden Untersuchungen, bestehend aus den technischen Grundlagen in Form einer Systematisierung adaptiven E-Learnings mit Fokus auf Adaptationssysteme und -techniken (Kapitel 2) und der Konzeption von Lernmotivation in selbstregulierten Lernsettings als gewähltes Ziel der Adaptation (Kapitel 3). Beide Aspekte waren im Vorhaben innerhalb der Lernumwelt Hochschule und speziell in der Domäne der Natur- und Ingenieurwissenschaften verortet.

Kapitel 2 nahm zunächst eine allgemeine Begriffsbestimmung von E-Learning Systemen vor (Abschnitt 2.1) und widmete sich weiterhin dem spezifischen Bereich der adaptiven E-Learning Systeme (Abschnitt 2.2 und Unterabschnitte). Schwerpunkte waren dabei die Differenzierung von Adaptivität und Adaptation, die Modellierung des Adaptationsprozesses sowie die Differenzierung unterschiedlicher Entwicklungsstufen adaptiver Lernsysteme. Die verschiedenen Systemkomponenten sowie etablierte Adaptationstechniken komplettierten das Kapitel (Abschnitte 2.3 sowie 2.4 und Unterabschnitte).

In Kapitel 3 wurde das vielschichtige Konzept Motivation zunächst allgemein definiert und daraufhin mithilfe der Fokussierung auf Lern- und Leistungssituationen abgegrenzt (Abschnitt 3.1 und Unterabschnitte). Den Hauptteil dieses Kapitels bildete die differenzierte Vorstellung des Prozessmodells der Lernmotivation beim selbstregulierten Lernen (Rheinberg et al. 2000, S. 505), das die Grundlage für die in den folgenden Kapiteln durchgeführten Studien darstellte (Abschnitt 3.2 und Unterabschnitte). Innerhalb dieser Abschnitte wurden zudem relevante Sub-Theorien der Motivationspsychologie, motivationsbasiertes Instruktionsdesign und die Lernumwelt Hochschule vorgestellt. Den Abschluss des Kapitels bildeten Grundlagen zum selbstregulierten Lernen (Abschnitt 3.3), da die Lernenden in den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen mithilfe einer Lernplattform den Prozess der Wissensaneignung selbst initiieren und aufrechterhalten mussten (Landmann et al. 2015, S. 46) und dieses Konzept daher von zentraler Bedeutung war.

Diesen beiden Kapiteln schloss sich die Beschreibung des Untersuchungsdesigns und der Fallstudie NanoTecLearn (Kapitel 4) sowie der dreiphasige Evaluationsprozess zur Beantwortung der Forschungsfragen mithilfe des Fallbeispiels an (Kapitel 5, 6 und 7).

In Kapitel 4 wurde eine Synthese der Grundlagen und der aktuellen Befundlage der Themenbereiche adaptives E-Learning und Lernmotivation durchgeführt (Abschnitt 4.1). Dem folgte die Ableitung und Benennung der Forschungsfragen und Hypothesen des Gesamtvorhabens sowie der Teilstudien (Abschnitt 4.2). Die nicht-adaptive Ausgangsversion der NanoTecLearn Plattform und deren Eignung als repräsentatives Fallbeispiel wurden im Anschluss erläutert (Abschnitt 4.3). Den Abschluss des Kapitels bildete die Beschreibung des Vorgehens zur Evaluation des Fallbeispiels in Form des

dreiphasigen Studienablaufs und der Benennung und Strukturierung der Teilstudien (Abschnitt 4.4). Kapitel 5 umfasste sämtliche Untersuchungen, die mithilfe der nicht-adaptiven Ausgangsversion von NanoTecLearn durchgeführt wurden. Zur Evaluation wurde ein Mixed-Methods-Ansatz bestehend aus zwei Forschungsansätzen herangezogen. Die Lernmotivation im Umgang mit NanoTecLearn sowie übergeordnete Personenfaktoren und allgemeine E-Learning Akzeptanz wurden mithilfe zweier fragebogenbasierter Labor- und Onlinestudien untersucht (Abschnitte 5.1 und 5.2). Die Konzeption der Adaptation in NanoTecLearn sowie geeignete Adaptationstechniken wurden mittels Fokusgruppen aus Studierenden- und Expertensicht erarbeitet (Abschnitte 5.3 und 5.4). Die Unterabschnitte der Teilstudien aller Evaluationsphasen folgten dabei jeweils dem Schema, dass zunächst die verwendeten Untersuchungsinstrumente und -methoden operationalisiert wurden. Im Anschluss daran wurden der Untersuchungsablauf und die Auswertung der Ergebnisse, inklusive der Beantwortung der studienspezifischen Forschungsfragen und Hypothesen beschrieben.

Kapitel 6 baute auf den Erkenntnissen der Studien zu Lernmotivation und Adaptation auf und beinhaltete die prototypische Implementierung von drei adaptiven Plattformversionen sowie die dahingehend verwendete plattformseitige Selbsteinschätzung der aktuellen Lernmotivation (Abschnitt 6.1). Die Evaluation dieser Varianten im Vergleich zur nicht-adaptiven Version als Kontrollgruppe mit den Schwerpunkten Technologieakzeptanz, Benutzererlebnis, Kontrollempfinden und Motivationsverlauf bildeten den Hauptteil des Kapitels (Abschnitte 6.2).

In Kapitel 7 wurde auf Basis der Ergebnisse der zweiten Phase zunächst die Konzeption und Überführung der Lernplattform in ein adaptives Lernsystem beschrieben (Abschnitt 7.1). Anschließend erfolgten zwei finale Untersuchungen in Form einer weiteren Studie zur Evaluation der Lernmotivation im Umgang mit der adaptiven Plattform (Replikationsstudie im Vergleich zur nicht-adaptiven Version aus Kapitel 5) und zur Einschätzung von Technologieakzeptanz, Benutzererlebnis und Kontrollempfinden im Vergleich zur in Abschnitt 6.2 beschriebenen Studie (Abschnitte 7.2 sowie 7.3). Den dritten Teil der Arbeit bildete die Zusammenfassung der Ergebnisse (Kapitel 8). Die aus den Teilstudien synthetisierten Ergebnisse der Arbeit wurden zusammengefasst und die übergeordneten Forschungsfragen und Hypothesen beantwortet (Abschnitt 8.1). Daraufhin wurden die Ergebnisse diskutiert und kritisch gewürdigt (Abschnitt 8.2). Den Abschluss bildete ein Ausblick für mögliche anschließende Untersuchungen und Forschungsperspektiven, die sich aus den Ergebnissen der durchgeführten Studien ergaben (Abschnitt 8.3). Abbildung 1 zeigt zusammenfassend den dreiteiligen Aufbau der Arbeit im Überblick.

I Theoretische Grundlagen

Adaptives E-Learning

Lernmotivation

Lernumwelt Hochschule

II Untersuchungsdesign und Forschungsmethode

Identifikation von Forschungsfragen, eines geeigneten Fallbeispiels und eines dreistufigen Untersuchungsdesigns



Evaluation der Lernmotivation

Analyse der Lernmotivation beim Lernen mit der nicht-adaptiven Lernplattform

Analyse der Lernmotivation beim Lernen mit der adaptiven Lernplattform

Weiterentwicklung der Plattform

V0

V1

V2

Evaluation der Adaptation

Konzeption Adaptation, Fokusgruppen

experimenteller Vergleich von Adaptationstechniken

Usability Evaluation von V2



III Zusammenfassung der Ergebnisse

Abbildung 1: Aufbau und Bestandteile der Arbeit (eigene Darstellung)

Teil I

Theoretische Grundlagen

2 Adaptives E-Learning

E-Learning fand seit der Jahrtausendwende eine zunehmende Verbreitung in einer Vielzahl von Anwendungsbereichen und Bildungskontexten, z.B. in Schulen, Hochschulen oder Unternehmen. So wurden beispielsweise verschiedene E-Learning Einsatzgebiete kategorisiert und beschrieben, die eine Unterscheidung zwischen formellem und informellem Lernen sowie zwischen Lernen im engeren Sinne (z.B. im Rahmen einer konkreten Lehrveranstaltung oder eines Schulfachs) oder erweiterte Lernkontakte (z.B. fakultative Weiterbildungs- und Informationsangebote) ermöglichen (Del Rio und Fischer 2007, S. 4). Adaptives E-Learning stellt in diesem Zusammenhang eine Spezialform dar, die die Erkenntnisse verschiedener Domänen (z.B. Informatik, Didaktik, Mensch-Technik-Interaktion) kombiniert und versucht auf Basis der Erfassung spezifischer Merkmale des Benutzers bestimmte Aspekte eines Lernsystems anzupassen und somit eine möglichst passfähige und personalisierte Interaktion zwischen Lernendem und System zu ermöglichen (Zumbach 2010, S. 60; Popescu 2008, S. 7).

Im Kontext des aktuellen Vorhabens wurde der Fokus auf den Anwendungsbereich Hochschullehre und speziell Ingenieurwissenschaften gelegt und als Benutzermerkmal wurde die Lernmotivation gewählt. Als Fallbeispiel diente, wie in Abschnitt 1.1 bereits erwähnt, die Lernplattform NanoTecLearn, die als nicht-adaptives hypermediales E-Learning System vorlag und mit geeigneten Techniken in ein adaptives Lernsystem überführt werden sollte. Als Vorarbeit dienen die nachfolgenden Abschnitte, die verschiedene Ansätze der Adaptation differenzieren (siehe Abschnitt 2.2), die typischen Bestandteile eines adaptiven E-Learning Systems klassifizieren (siehe Abschnitt 2.3) und abschließend implementierbare Techniken zur Visualisierung der Adaptation vorstellen (siehe Abschnitt 2.4). Dem vorangestellt folgt im ersten Abschnitt des Kapitels eine allgemeine Begriffsbestimmung zum Themenbereich E-Learning Systeme sowie die Ableitung einer im Kontext des Fallbeispiels NanoTecLearn (siehe Abschnitt 4.3) geeigneten Arbeitsdefinition von E-Learning.

2.1 Begriffsbestimmung E-Learning Systeme

E-Learning etablierte sich über die letzten Jahrzehnte zunehmend als Sammelbegriff für technologiegestütztes Lernen (Technology Enhanced Learning and Training) (Mulwa et al. 2010, S. 73–74), wobei insbesondere computer- und webbasierte Lösungen Anwendung fanden. Die geläufige Assoziation des „e“ als „electronic“ bezog sich zumeist auf elektronische Assistenztechnologien des Lernens, was teilweise jedoch kritisch gesehen wurde, da Lernprozesse an sich nicht elektronisch ablaufen, sondern E-Learning die Vermittlung von Lerninhalten lediglich ermöglicht (das Verständnis des „e“ als „enabling“ wurde beispielsweise in diesem Zusammenhang angemerkt) (Ehlers 2004, S. 31; Küfner 2010, S. 9). Im Vordergrund steht dabei die Anwendung eines E-Learning Systems als Werkzeug,

das mit möglichst geringem kognitivem Aufwand genutzt werden kann. Somit wird das Lernangebot anstelle der konkret eingesetzten Technik in das Zentrum der Lernsituation gerückt (Olbrecht 2010, S. 73). Das Lernen kann dabei mit vorinstallierten Programmen an Computer-Arbeitsplätzen (Computer-Based Training) oder bei vorhandenem Internetzugang mit webbasierten Anwendungen erfolgen (Web-Based Training) (Arnold et al. 2015, S. 22; Kerres 2013, S. 7). In diesem Zusammenhang haben sich insbesondere Learning Management Systeme (LMS) etabliert, bei denen Lerninhalte mithilfe einer Datenbank verwaltet werden und der Lernfortschritt sowie die Lernaktivitäten der Lernenden von Autoren mithilfe entsprechender Werkzeuge nachvollzogen werden können. Die Strukturierung der Inhalte erfolgt zumeist in Kursen, die zudem Kommunikationswerkzeuge für Lernende und Lehrende bereitstellen (Baumgartner et al. 2002, S. 30). Über den allgemeinen Kursbegriff hinaus gehen Lernmodule, die das Inhaltsangebot strukturieren und sequenzieren und von Lernenden selbstgesteuert abgerufen werden können, wobei der Beginn und die Beendigung der Bearbeitung sowie die Bearbeitungszeit frei wählbar sind und jedes Modul eine weitgehend in sich geschlossene Lerneinheit darstellt (Kerres 2013, S. 14–15). Arnold et al. bezeichnen E-Learning ferner als Arrangement verschiedener Formen des technologiegestützten Lernens, unter Berücksichtigung der inhaltlichen, organisatorischen und technischen Gestaltung, die mithilfe vorgegebener Instruktionen und Strukturen eine weitgehend selbstgesteuerte interaktive und/oder kooperative Bearbeitung ermöglichen (Arnold et al. 2015, S. 22). E-Learning Angebote werden darüber hinaus unter Berücksichtigung eines spezifischen Modells des Instruktionsdesigns entworfen, wobei die systematische und modellgeleitete Angebotskonzeption der Inhalte auf Basis aktueller Erkenntnisse im Bereich Lehren und Lernen im Vordergrund steht (Kerres 2013, S. 220).

Als Eingrenzung wird im Kontext der Arbeit der Fokus auf webbasierte, hypermediale Lernsysteme gelegt, die mithilfe von Autorenwerkzeugen erstellt werden und unter Verwendung einer grafischen Benutzerschnittstelle visualisiert werden (Baumgartner et al. 2002, S. 32). Als Erweiterung des Multimediacegriffs im Sinne einer Vielzahl medialer Präsentationsformen ermöglicht Hypermedia in diesem Zusammenhang einen nonlinearen und ortsunabhängigen Zugang zu Informationen sowie deren Vernetzung in Form von Verlinkungen (Hyperlinks), wobei die primäre Informationsdarstellung textuell (Hypertext) erfolgt und um beliebige Medienformen erweitert werden kann (Popescu 2008, S. 7–8). In Bildungskontexten wird E-Learning eine zunehmende Bedeutung beigemessen. Lernprozesse werden z.B. hinsichtlich Qualität, Transparenz und Ergebnisorientierung angereichert und unterstützt, anstelle eines gänzlichen Ersetzens klassischer Präsenzlehre. Das Lernsystem sollte dahingehend im Sinne einer möglichst hohen Akzeptanz auf Seiten der Lehrenden und Lernenden als vermittelndes und unterstützendes Medium fungieren (in diesem Kontext hat sich der Begriff Blended Learning als Integration von Präsenzlehranteilen und technologiegestützten Anteilen etabliert) (Arnold et al. 2015,

S. 33). Baumgartner et al. identifizierten fünf Funktionsbereiche webbasierter Lernplattformen, die bei der Erstellung von E-Learning Systemen berücksichtigt werden sollten (Baumgartner et al. 2002, S. 26):

- Multimediale Inhaltspräsentation in Form von Texten, Bildern, Audioelementen, Videos, Animationen, etc.
- Synchrone und/oder asynchrone Kommunikationswerkzeuge für den Austausch der Lernenden untereinander und mit den Lehrenden
- Funktionen und Werkzeuge zur Umsetzung interaktiver Aufgaben, Übungen und Wissenstests zur Kontrolle des Lernerfolgs und Lernfortschritts
- Informationsangebote zur Bewertung und Wahrung der Transparenz des Lernens sowie der Lernerfolgseinschätzung
- Administration in Form des Authorings des Lernens und Organisation der Lerninhalte in Kursen oder Modulen

E-Learning wird somit für das in den nachfolgenden Kapiteln beschriebene Vorhaben wie folgt abgegrenzt und definiert:

„E-Learning meint ein webbasiertes, hypermediales Lernsystem, das in Lernmodulen strukturiert ist, sich multimedialer Informationsdarstellung bedient und über eine grafische Benutzerschnittstelle präsentiert wird, wobei das selbstregulierte und explorierende Lernen im Vordergrund steht.“

Nach der Definition und Abgrenzung des E-Learning Begriffs arbeiten die nachfolgenden Abschnitte die Grundlagen zur Überführung einer Lernplattform in ein adaptives Lernsystem auf.

2.2 Adaptive E-Learning Systeme

Adaptive E-Learning Systeme sollen einen Mehrwert gegenüber dem im vorherigen Abschnitt beschriebenen allgemeinen Begriffsverständnis von E-Learning bieten, indem eine flexible virtuelle Lernumgebung geschaffen wird, die auf Basis der Diagnose von Charakteristiken des Benutzers ein personalisiertes und bedarfsgerechtes Lernen ermöglichen soll. Spezifische Aspekte des Inhalts, der Instruktion oder Benutzerführung werden zu diesem Zweck mit den erhobenen Benutzerdaten angereichert, sodass eine möglichst echtzeitfähige Systemreaktion erfolgen kann und somit die Reaktion eines Lehrenden in einem Präsenzlehrkontext imitiert und auf ein Lernsystem übertragen werden kann (Shute und Zapata-Rivera 2012, S. 7; Mödritscher 2007, S. 1–2). Ein wichtiger Unterschied zu klassischen Bildungskontexten ist die durchweg aktive Rolle des Lernenden im Umgang mit E-Learning Systemen, die bei der Konzeption entsprechender Angebote adressiert werden sollte. Aufgrund der individuellen Charakteristiken und Bedürfnisse des Lernenden sollten daher adaptive Lernsysteme genutzt werden, um die Inhaltspräsentation oder Navigation zu personalisieren und das

Benutzererlebnis zu steigern (Del-Puerto Paule Ruiz et al. 2008, S. 62). Ein adaptives System ist nach Jameson und Gajos allgemein ein interaktives System, das sein Verhalten auf spezifische Benutzerbedürfnisse auf Basis der Erstellung und Anwendung eines Benutzermodells und unter Verwendung von Mechanismen der Datenerfassung, Verarbeitung, und Inferenz sowie entsprechenden Entscheidungsroutinen anpasst (Jameson und Gajos 2012, S. 432). Als Vorarbeit der Überführung des Fallbeispiels in eine adaptive Lernplattform werden nachfolgend die Begriffe Adaptivität und Adaptation, die Modellierung des Prozesses der Adaptation in E-Learning Systemen und verschiedene systemseitige Umsetzungsmöglichkeiten der Adaptation analysiert.

2.2.1 Begriffsbestimmung Adaptivität und Adaptation

Der Begriff Adaptivität sowie der häufig synonym verwendete Prozess der Adaptation bezeichnet eine Systemanpassung an spezifische Charakteristiken eines Benutzers und geht somit über einfaches Interagieren zwischen Benutzer und System hinaus (Zumbach 2010, S. 60). Dabei stehen insbesondere die benutzerzentrierte Diagnose eines Unterstützungsbedarfs und die möglichst passfähige Systemreaktion im Vordergrund, die in der Anpassung vorab definierter Parameter der Lernsituation resultieren (Leutner 2009, S. 120; Ennouamani und Mahani 2017, S. 342). Allgemein wird somit ein System im Sinne einer Zielerreichung modifiziert, wobei eine Zustandsänderung auf Basis einer geänderten Systemkomponente erfolgt. Die Systembestandteile und ausgewählten Systemeigenschaften werden daraufhin angepasst. Adaptive Systeme ermöglichen somit die Änderung von mindestens einer Systemkomponente (Mödritscher 2007, S. 15; De-Jong 1975). Von zentraler Bedeutung ist dahingehend die Entwicklung eines möglichst präzisen und somit effektiven Benutzermodells (siehe Abschnitt 2.3.2) auf Basis der vorab für die Ausführung der Adaptation identifizierten Charakteristiken des Benutzers (Shute und Zapata-Rivera 2012, S. 19). Ein System sollte neben der adäquaten Benutzermodellierung zudem eine geeignete dynamische Passung zwischen dem Unterstützungsbedarf des Lernenden und der bereitgestellten Menge und Ausgestaltung der Systemanpassungen bieten (Leutner 2004, S. 289). Adaptation im Bereich E-Learning basiert auf Ansätzen der adaptiven Instruktion, wobei z.B. die Häufigkeit der Systemanpassungen differenziert werden (Makroadaptation und Mikroadaptation sowie Adaptierbarkeit und Adaptivität – beide Konzepte werden detailliert in den Abschnitten 2.2.3 und 2.2.4 vorgestellt). Im Bereich Instruktionsdesign geht es ebenfalls, analog zur Konzeption adaptiver Systeme, um die Anwendung spezifischer Techniken zur Adressierung individueller Bedürfnisse der Lernenden, wobei eine Passfähigkeit zwischen Methoden und Charakteristiken genau abgewogen werden sollte (Lee und Park 2008, S. 470).

2.2.2 Modellierung des Adaptationsprozesses in E-Learning Systemen

Komponenten und Prozesse adaptiver Systeme wurden in der Literatur für verschiedene Domänen bereits vielfach beschrieben. Abbildung 2 zeigt ein generisches, domänenunabhängiges Verarbeitungsschema für adaptive Systeme. Entsprechend dieses Systemverständnisses müssen zunächst Benutzerinformationen gesammelt werden. Daraufhin werden auf Basis dieser Daten Lern- oder Inferenzprozesse angestoßen, die in einem Benutzermodell münden, das das Kernstück des Systems darstellt und auf die Abbildung ausgewählter Charakteristiken des Benutzers zentriert ist. Dieses Modell wird daraufhin auf situationsspezifische Aspekte der Interaktion angewendet, um eine Adaptation des Systemverhaltens möglichst passgenau vornehmen zu können (Jameson und Gajos 2012, S. 432).

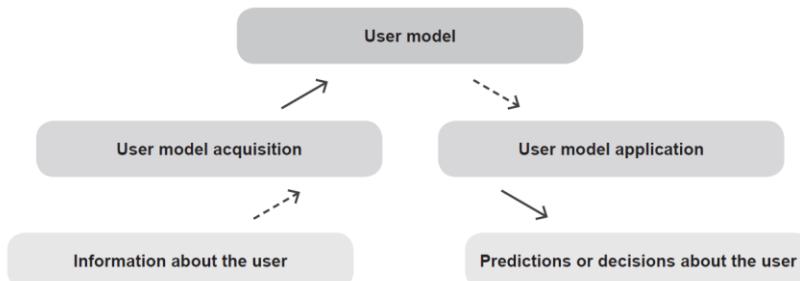


Abbildung 2: Generisches Verarbeitungsschema eines adaptiven Systems (angepasst nach Jameson und Gajos 2012, S. 432)²

Adaptive Systeme können neben dieser generischen Beschreibung zudem mithilfe von Kreislaufmodellen oder Lifecycles veranschaulicht werden. Shute und Zapata-Rivera haben diesbezüglich ein aus den vier Kernprozessen „Capture“, „Analyze“, „Select“ und „Present“ bestehendes Kreislaufmodell beschrieben (siehe Abbildung 3).

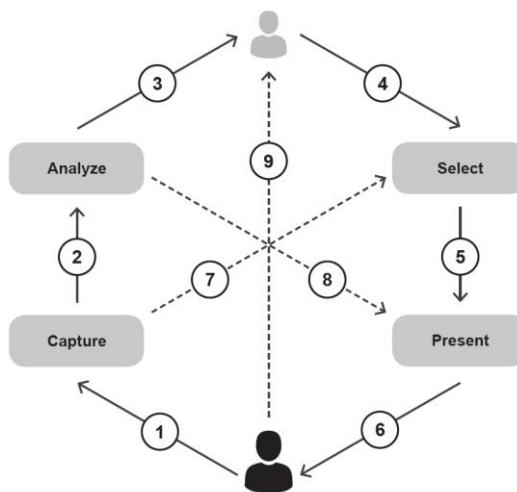


Abbildung 3: Kreislaufmodell eines Adaptationsprozesses (angepasst nach Shute und Zapata-Rivera 2012, S. 9)

² Hinweis: Die Abbildungen der vorliegenden Arbeit wurden in ein einheitliches Design überführt. Die Sprache der inhaltlich verantwortlichen, zitierten Quellen wurde jeweils beibehalten.

In diesem Modell steht ebenfalls die Erfassung von Benutzerinformationen in Form spezifischer Charakteristiken im Vordergrund. Das untere Personen-Icon verkörpert in der Abbildung den Benutzer und das obere Personen-Icon das Benutzermodell. Der Prozess startet beim Benutzer und beginnt mit dem Sammeln von Informationen (Capture), die daraufhin analysiert und weiterverarbeitet werden (Analyze). Im Kontext adaptiver Lernsysteme werden diese Benutzerdaten zudem in Relation zur jeweiligen Wissensdomäne gesetzt. Das System kann somit aus den Benutzerinteraktionen auf aktuelle Zustände und nachfolgende Schritte schließen und individuell entsprechend des Benutzermodells möglichst passgenaue Reaktionen auswählen (Select). Der resultierende Systemzustand und die dazugehörigen Inhalte werden dem Benutzer mithilfe der grafischen Benutzerschnittstelle präsentiert (Present). Das Modell wurde für die Abbildung verschiedener Anwendungsszenarien im Kontext adaptiver Systeme entworfen (dafür wurden die Hilfslinien zwischen den Bestandteilen mit den Nummern 7 bis 9 integriert) (Shute und Zapata-Rivera 2012, S. 9–10).

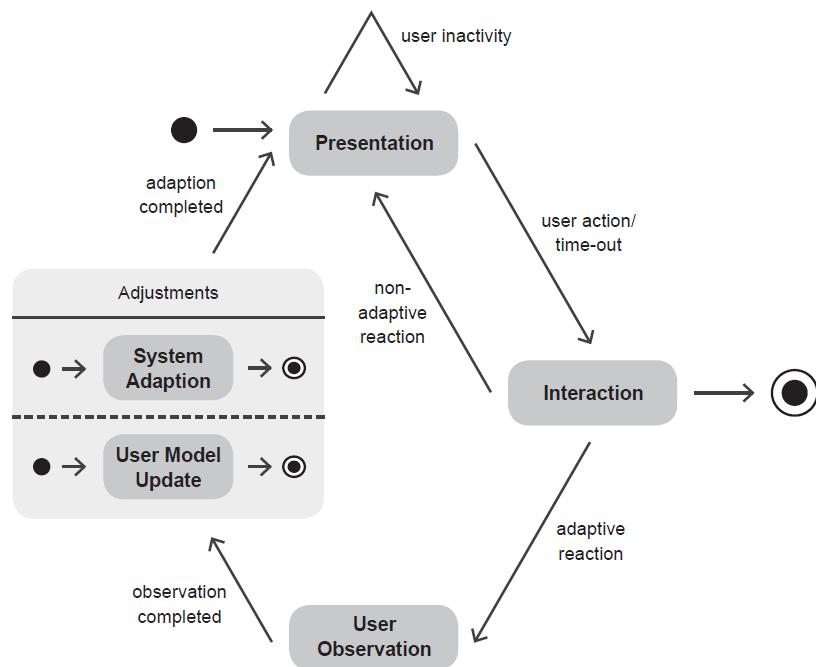


Abbildung 4: Lifecycle der Adaptation in interaktiven Systemen (angepasst nach Parcus de Koch 2001, S. 16)

Abbildung 4 zeigt eine weitere Veranschaulichung eines Adaptations-Lifecycles nach Parcus de Koch. Es geht hierbei vorrangig um die Modellierung von Zustandsänderungen bei den Übergängen während des Adaptationsprozesses. Im Unterschied zum Kreislaufmodell nach Shute und Zapata Rivera beginnt der Prozess mit der initialen Präsentation der Inhalte und den Default-Werten des Benutzermodells (Presentation). Das System aktualisiert diese Informationen auf Basis der Benutzerinteraktion (Interaction) und evaluiert diese daraufhin (User Observation). Die Anpassung (Adjustments) besteht aus zwei Komponenten: Zunächst wird das Benutzermodell entsprechend der erfassten Interaktion aktualisiert und daraufhin wird die eigentliche Adaptation vorgenommen, indem die Inhalte oder

Benutzerführung angepasst werden. Dies hat anschließend Auswirkungen auf den Zustand der Präsentation und stößt den Prozess wieder an (Parcus de Koch 2001, S. 16–17).

Der generische Prozess der Datenverarbeitung in adaptiven interaktiven Systemen ergibt sich somit in allen drei betrachteten Ansätzen weitgehend deckungsgleich in Form der Erfassung und Verarbeitung von Daten, deren Modellierung innerhalb eines Benutzermodells und der entsprechenden Auswahl und Darstellung von Systemanpassungen. Dies läuft zudem zyklisch ab, da die Präsentation der Systemreaktionen jeweils neue Interaktionen des Benutzers anstößt.

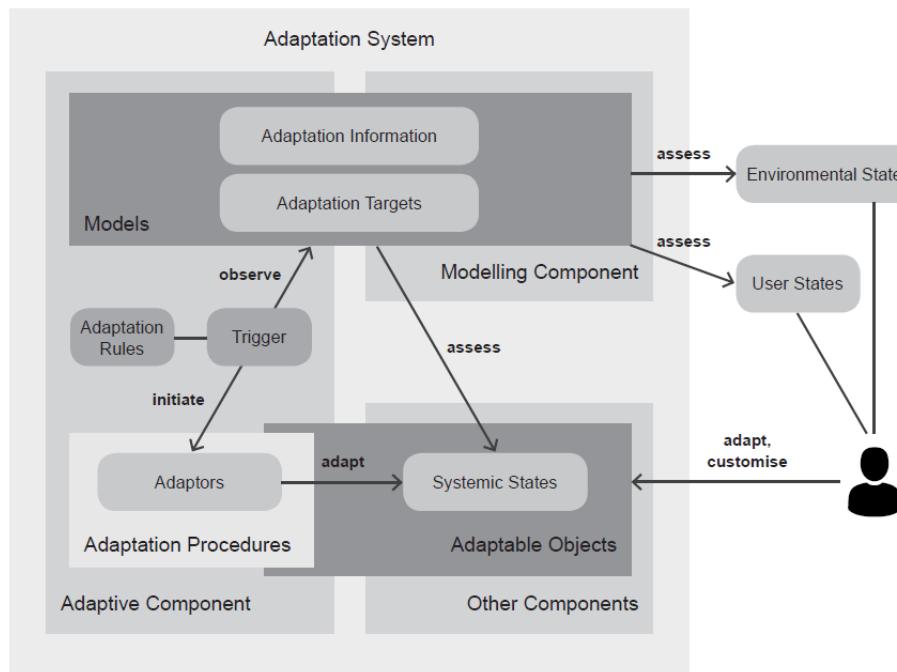


Abbildung 5: Generisches Framework eines adaptiven Systems (angepasst nach Mödritscher 2007, S. 21)

Neben workflowzentrierten Prozessbeschreibungen existieren zudem systemische Modellierungsansätze, die adaptive Systeme als Framework bestehend aus spezifischen Komponenten und deren Beziehungen darstellen. Abbildung 5 zeigt ein generisches Framework eines adaptiven Systems. Die linke Seite zeigt das adaptive Systemverhalten, das aus unterschiedlichen Modellen mit Adaptationsinformationen und -zielen besteht. Diese sind der Auslöser für den eigentlichen Adaptionsprozess. Die adaptiven Komponenten werden auf Basis der Benutzer- und Umweltzustände kontinuierlich aktualisiert. Die rechte Seite des Adaptationssystems beschreibt den Aspekt der Adaptierbarkeit, bei dem der Benutzer selbst Systemzustände anpassen kann (Mödritscher 2007, S. 21). Ein generisches adaptives System würde demnach stets aus einer anwendungsfallspezifischen Kombination aus adaptiven und adaptierbaren Komponenten bestehen. Die Adaptivität im eigentlichen Sinn wird in der linken Seite der Abbildung beschrieben. Zu beachten sind zudem die unterschiedlichen beteiligten Systemschichten, z.B. Laufzeitschicht, Speicherschicht und die spezifische Komponentenschicht (Parcus de Koch 2001, S. 69–70).

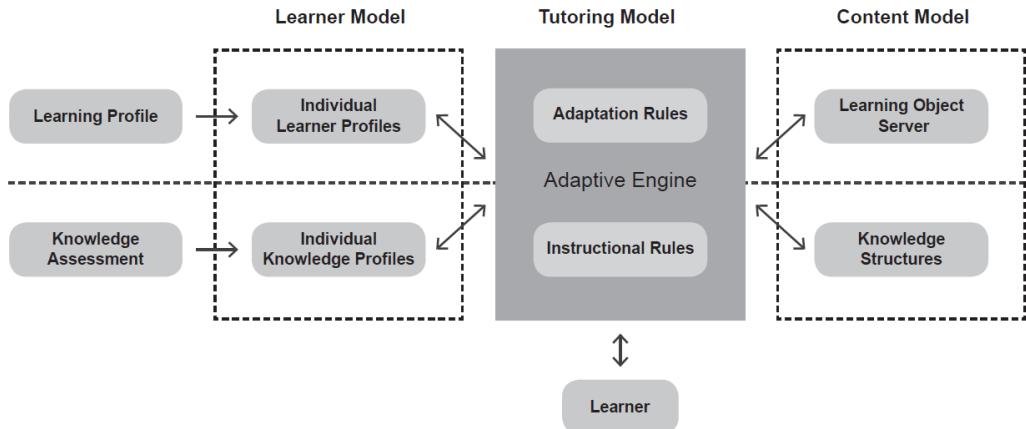


Abbildung 6: System-Framework eines adaptiven LMS (angepasst nach Shute und Towle 2003, S. 111)

Eine Spezifikation der Framework-Modellierung für den E-Learning Kontext wird in Abbildung 6 veranschaulicht. Es werden Unterscheidungen nach verschiedenen beteiligten Modellkomponenten vorgenommen, wobei das Tutormodell die eigentliche Adaptationskomponente darstellt und vom Domänenmodell (rechte Seite der Abbildung) und den darin beschriebenen Inhaltselementen und Inhaltsstrukturen beeinflusst wird. Im Benutzermodell werden domänenabhängige und -unabhängige Lern- und Wissensaspekte festgehalten. Die adaptive Engine bedient sich spezifischer Adaptionsregeln, die auf den Lernzielen und festgelegten Instruktionsregeln basieren (Shute und Towle 2003, S. 111–113). Adaptation wird dabei besonders aus der Instruktionsperspektive aufgefasst, wobei zwischen Mikro- und Makroadaptation unterschieden wird. Diesen Ansatz greift das Modell der adaptiven Instruktion nach Park et al. auf, das den Prozess der Instruktion als Schaffen von Übergängen zwischen Input und Output des Lernens auffasst. Äußere Feedbackschleifen dienen dabei zur Modellierung eines makroadaptiven Instruktionsverhaltens und die Mikroadaptation des Lernprozesses wird auf Basis der Diagnose der Zustände des Lernenden und entsprechenden tutoriellen Regeln realisiert. Daraufhin werden die Wissensvermittlung, die Inhaltspräsentation und die Instruktion adaptiert (Park et al. 1987; Mödritscher 2007, S. 55). Makro- und Mikroadaptation entsprechen somit dem Verständnis von Adaptierbarkeit und Adaptivität im Kontext adaptiver Lernsysteme, was zur Ausdifferenzierung verschiedener Unterkategorien dieser Systeme führte, die in den nachfolgenden beiden Unterabschnitten 2.2.3 und 2.2.4 beschrieben werden.

Ein umfassendes Modell zur Abstraktion und Klassifikation eines typischen Adaptionsprozesses wird in Abbildung 7 dargestellt. Adaptation in hypermedialen Systemen kann dahingehend über die Beantwortung von sechs Kernfragen klassifiziert werden. Die zu modellierenden Charakteristiken des Benutzers bestimmen die Ziele der Adaptation (Why?). Diese sind in einer spezifischen Anwendungsdomäne und dem dazugehörigen Modell zu verorten (What?). Analog zu bereits analysierten Prozessmodellen erfolgt daraufhin eine Anpassung auf die ausgewählten Charakteristiken des Benutzers, die im zugehörigen Benutzermodell abgebildet werden (To What?). Die

Systemanpassung geschieht anschließend in einem situationsspezifischen Kontext (When?) und Anwendungsbereich (Where?). Die Ausführung der Adaptation wird letztendlich mit spezifischen konzeptuell festgelegten Methoden und implementierten Techniken (How?) vollzogen (Knutov et al. 2009, S. 7–8; Brusilovsky 1996).

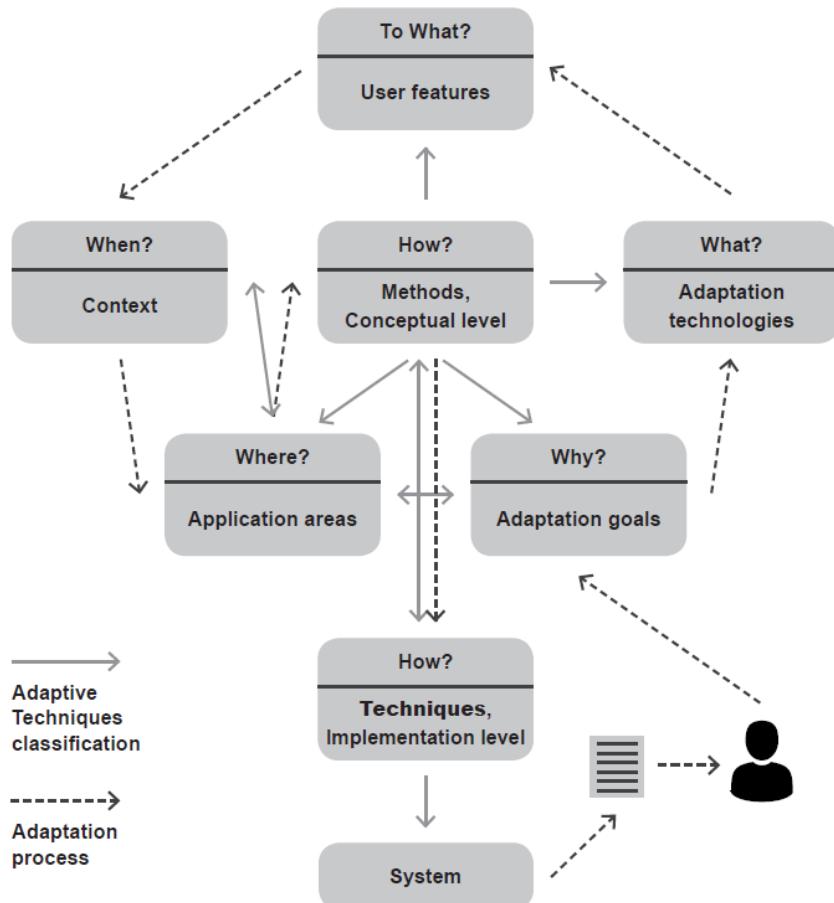


Abbildung 7: Modell zur Klassifikation des Adaptationsprozesses (angepasst nach Knutov et al. 2009, S. 8)

Zusammenfassend kann entsprechend der analysierten Modelle und insbesondere mithilfe des Klassifikationsmodells von Knutov et al. eine Referenzarchitektur für adaptive Hypermediasysteme identifiziert werden, die in der Specherschicht aus den drei Hauptsystemkomponenten Domänen- (What?), Benutzer- (To What?) und Adaptationsmodell (Why?, When?) besteht (siehe Abschnitt 2.3) und in der Laufzeitschicht spezifische Methoden und Techniken zur Visualisierung der Adaptation (How?) anwendet (siehe Abschnitt 2.4) (Knutov et al. 2009, S. 9–11). Die Evaluation adaptiver Systeme, die in späteren Kapiteln im Vordergrund stehen wird, bedient sich ebenfalls der in diesem Abschnitt beschriebenen Modellierungsansätze der Zerlegung des Systems in verschiedene Bestandteile und der Veranschaulichung des Prozesses der Datenverarbeitung mithilfe eines Benutzermodells. Dazu wird insbesondere das Dekompositionsmodell der Adaptation nach Paramythis et al. angewendet (für eine detaillierte Beschreibung siehe Abschnitt 5.3) (Paramythis et al. 2010, S. 394).

2.2.3 Adaptierbarkeit und Makroadaptation

Adaptierbarkeit oder der im Kontext von Lernsystemen verwendete Begriff der Makroadaptation meint eine durch den Benutzer vorgenommene Anpassung des Systems, z.B. in Form spezifischer Aspekte der Benutzerschnittstelle. Dies geschieht mit geringer Aktualisierungsfrequenz, typischerweise zu Beginn der Systemnutzung oder zu Beginn eines neuen Lernmoduls (Leutner 2009, S. 118–119; Zumbach 2010, S. 61–62). Die Systemanpassung wird dabei als Wirkungskreismodell (siehe Abbildung 8) aufgefasst, bei der eine mögliche Wirkung durch das System angenommen wird, jedoch keine konkrete situationsspezifische Systemrückmeldung erfolgt (Leutner 2004, S. 292). Teilweise werden diese Systeme als „customizable“ bezeichnet (Mödritscher 2007, S. 21). Es ist somit eine eher externe, benutzerseitige Adaptation der Instruktion, die sich aufgrund der geringen Anwendungshäufigkeit vorrangig für stabile Charakteristiken des Lernenden eignet (Leutner 2004, S. 292).

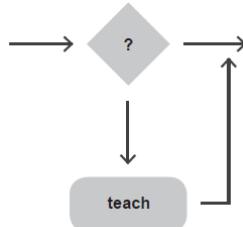


Abbildung 8: Makroadaptation als Wirkungskreismodell (angepasst nach Leutner 2004, S. 292)

Generell können Systemanpassungen dazu verwendet werden, Wissensdefizite des Lernenden zu adressieren (Fördermodell), für das essenzielle Domänenverständnis notwendige Grundlagen zu vermitteln (Kompensationsmodell) oder je nach Vorlieben und Stärken des Lernenden gezielt Interessen zu fördern (Präferenzmodell). Darauf aufbauend können die Lernziele, die Fähigkeiten und Fertigkeiten des Lernenden (z.B. intellektuell, kognitiv oder motivational) oder die Vermittlung der Inhalte (z.B. Feedbackschleifen oder schrittweise Handlungsanleitungen) angepasst werden (Zumbach 2010, S. 61–62). Makroadaptation kann dies aufgrund der fehlenden Benutzermodellierung und geringen Anpassungshäufigkeit nur bedingt gewährleisten und stellt somit lediglich eine Vorstufe tatsächlicher Adaptivität dar. Typischerweise werden diesbezüglich Voraussetzungen für einen gelingenden Lernprozess mit einem E-Learning System angepasst, z.B. die Abfrage des Vorwissens oder das bedarfsgerechte Anpassen der Benutzeroberfläche (Leutner 2009, S. 118–119). Die eigentliche Adaptionsentscheidung wird hierbei vor dem Lernprozess getroffen und im Gegensatz zur Mikroadaptation explizit vom Benutzer initiiert, in Form der Wahl aus verschiedenen Alternativen (Mödritscher 2007, S. 48). Makroadaptive Ansätze etablierten sich bereits in den 60er- bis 80er-Jahren des 20. Jahrhunderts und umfassten z.B. das personalisierte System der Instruktion von Keller (Keller und Sherman 1974) (für eine detaillierte Übersicht siehe Lee und Park 2008, S. 471).

Ein Ansatz, der auf Basis der makroadaptiven Instruktion entstand und in zahlreichen Systemen und Lernkontexten Anwendung fand, war die Aptitude Treatment Interaction (ATI). Dabei wurden Lernenden entsprechend ausgewählter Charakteristiken, zumeist domänenspezifisches Vorwissen, unterschiedliche Instruktionsansätze oder Visualisierungsformen zugewiesen (Mödritscher 2007, S. 48–49; Cronbach und Snow 1977). Die Aptitude war somit die zur Anpassung ausgewählte Eigenschaft des Benutzers und das Treatment z.B. eine Variation der Lerngeschwindigkeit oder des Vermittlungsstils (Ennouamani und Mahani 2017, S. 344). Dahingehend wurde von Carrier und Jonassen ein achtstufiger Prozess für den Entwurf ATI-basierter Lernsysteme entwickelt (Carrier und Jonassen 1988). Die Systemanpassungen können analog zur Makroadaptation primär fördernd, kompensierend oder präferierend gestaltet werden. ATI-Ansätze werden allgemein jedoch kritisch hinsichtlich ihrer Wirksamkeit eingeschätzt, da sich die Identifikation messbarer individueller Unterschiede, die für die Anwendung des Treatments erforderlich sind, bei dieser starren Methode als schwierig gestaltet (Lee und Park 2008, S. 472–473). ATI ist somit eher den adaptierbaren Systemen zuzuordnen, wobei die Erfassung von Charakteristiken des Benutzers bereits mehr im Vordergrund steht als bei reinen makroadaptiven Ansätzen (Shute und Towle 2003, S. 106; Leutner 2009, S. 119). Die Erweiterung dieser Benutzermodellierung um systemseitige kontinuierliche Abfragen und Reaktionen mündete schließlich in der Entwicklung mikroadaptiver Systeme, das heißt der Adaptivität im eigentlichen Sinn, die im nachfolgenden Abschnitt beschrieben wird.

2.2.4 Adaptivität und Mikroadaptation

Mikroadaptation meint Adaptation in kurzen Zeitintervallen mit möglichst kontinuierlicher Abfrage von Benutzerdaten und entspricht somit einem geschlossenen Wirkungskreis mit konkretem Systemfeedback (siehe Abbildung 9) (Zumbach 2010, S. 63–64; Leutner 2004, S. 292). Die Anpassungen erfolgen in diesem Fall systembasiert und es findet eine kontinuierliche Aktualisierung und Überprüfung der Zustände des Benutzers statt. Dafür eignen sich insbesondere Charakteristiken des Lernenden, die bei der Arbeit mit einem E-Learning System situativ veränderlich sind (z.B. Wissenszuwachs oder aktuell wirksame Motivation) (Leutner 2009, S. 120; Ennouamani und Mahani 2017, S. 344).

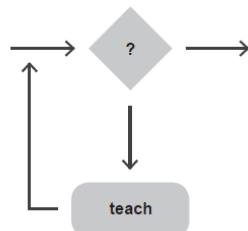


Abbildung 9: Mikroadaptation als geschlossener Wirkungskreis (angepasst nach Leutner 2004, S. 292)

Die Datenerhebung zur Aktualisierung des Benutzermodells erfolgt im Unterschied zu makroadaptiven Ansätzen während der Aufgabenbearbeitung. Adaptives E-Learning, das auf mikroadaptiven Ansätzen beruht, entspricht somit der Grundidee klassischen Präsenzunterrichts und besteht aus den Prozessen der Diagnose (Erfassung und Interpretation spezifischer Charakteristiken des Lernenden) und der Treatment-Anwendung (Optimierung der Interaktion zwischen Lernendem und Lernaufgabe durch geeignete Anpassung der Instruktion und somit Adaptivität im eigentlichen Sinn) (Mödritscher 2007, S. 49; Lee und Park 2008, S. 473). Entscheidend für die Wirksamkeit mikroadaptiver Ansätze sind die Passgenauigkeit der Anpassungen, die Genauigkeit auf Basis der diagnostizierten Charakteristiken des Benutzers und die Rechtzeitigkeit der Durchführung der Adaptation (Lee und Park 2008, S. 473). Die Umsetzung mikroadaptiver Lernsysteme kann mit einer Vielzahl von Technologien erfolgen, z.B. kognitive Modellierung, Machine Learning, Bayessche Netzwerke, Stereotyp- und Overlay-Methoden sowie pädagogische Agenten. Unterschieden wird insbesondere hinsichtlich der Benutzermodellierung sowie der quantitativen und qualitativen Modellierung eingehender Daten (für eine ausführliche Betrachtung siehe Shute und Zapata-Rivera 2012, S. 11–14).

In der Vergangenheit haben sich unterschiedliche Ansätze zur Umsetzung mikroadaptiver Lernsysteme entwickelt. Eine einfache Methode ist die Ausweitung des im vorherigen Abschnitt beschriebenen ATI-Ansatzes. Dahingehend wurde von Tennyson und Christensen ein zweistufiges Modell der adaptiven Instruktion entwickelt, wobei das System zunächst Bedingungen für das Anwendungen des Treatments festlegte. Diese basierten auf den erfassten Charakteristiken des Benutzers und dem Aufgabenkontext. Diese Bedingungen konnten anschließend durch die Adaptation verschiedener Instruktionsparameter geändert werden. Bei wiederholter Anwendung dieses Prozesses ließen sich Muster im Lern- und Antwortverhalten erkennen und die Instruktion konnte fortlaufend optimiert werden (Lee und Park 2008, S. 474–475; Tennyson et al. 1988).

Ein besonders in den letzten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts verbreiteter mikroadaptiver Ansatz waren intelligente tutorielle Systeme (ITS). Sie basieren auf der Anwendung von Methoden der künstlichen Intelligenz und weisen die typischen drei Bestandteile adaptiver Systeme auf: ein Domänenmodell zur Inhaltsrepräsentation, ein Benutzermodell zur Abbildung ausgewählter Charakteristiken des Lernenden und ein Tutormodell, das die anzuwendenden Instruktionsstrategien und Systemanpassungen enthält (in hypermedialen adaptiven Lernsystemen etablierte sich dahingehend der Begriff Adaptationsmodell) (Lee und Park 2008, S. 474). Diese Systeme waren somit der erste Versuch, die Interaktion zwischen Lehrenden und Lernenden sowie das adaptive Lernen in Präsenzlernkontexten zu imitieren. Besondere Bedeutung erfährt dabei die kontinuierliche Lernfortschrittskontrolle zur Überprüfung des aktuellen Wissensstands unter Berücksichtigung der im Domänenmodell abstrahierten Lerninhalte (Mödritscher 2007, S. 52). Es ergibt sich somit ein primär lerndefizitorientiertes Modell, wobei das Tutormodell auf Basis der Benutzerdiagnose entscheidet,

welche Inhalte als nächstes angeboten werden und in welcher Form diese präsentiert und sequenziert werden (Kerres 2013, S. 140). Eine Individualisierung der Instruktion soll durch die fortlaufende Analyse des Lernenden erzielt werden, wobei systemseitig versucht wird, einen möglichst realistischen Dialog durch die Imitation des Verhaltens und der Instruktionen des Lehrenden abzubilden. Das System kann dabei proaktiv tätig werden und intervenieren oder der Lernende kann selbst Anfragen stellen (es sind somit auch makroadaptive Anteile implementiert). Angepasst werden können z.B. die Lernziele, die Aufgabenbearbeitungszeit, die Sequenzierung oder die Aufgabenschwierigkeit (Leutner 2009, S. 120–121; Schulmeister 2007, S. 175–176). ITS waren trotz zahlreicher Bemühungen und Umsetzungen fortlaufender Kritik ausgesetzt, da individuelle Unterschiede der Lernenden durch zu ungenaue Benutzermodellierung oft nur unzureichend abgebildet werden konnten und die implementierten Instruktionsstrategien zu unflexibel waren (für eine kritische Betrachtung der Wissensdarstellung, Benutzermodellierung und Interaktionsdarstellung in ITS siehe Schulmeister 2007, S. 197–210). Eine zentrale Limitation stellte der damalige Stand der Technik im Bereich der künstlichen Intelligenz dar (Lee und Park 2008, S. 474).

Ein Entwicklungsschub ergab sich durch die Verbreitung von Hypermedia-Systemen und der damit einhergehenden vernetzten Informationsanordnung und -darstellung. In diesem Zusammenhang entwickelten sich im E-Learning Kontext adaptive Hypermedia-Systeme, auch Adaptive Educational Hypermedia Systems (AEHS) genannt. Diese Systeme passen ihre Inhaltspräsentation oder Benutzerführung mithilfe einer kontinuierlichen Benutzerdiagnose an und umfassen ebenfalls die Bestandteile Domänenmodell, Benutzermodell und Adaptationsmodell (Zumbach 2010, S. 64; Mulwa et al. 2010, S. 75–76). Allen adaptiven Lernsystemen gemein ist zudem die Visualisierung der Inhalte über eine grafische Benutzerschnittstelle.

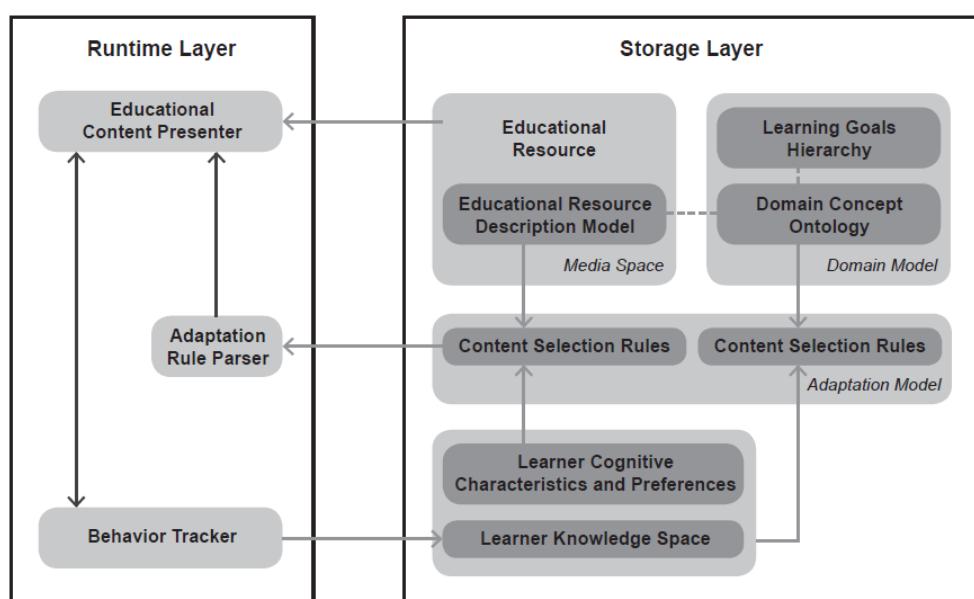


Abbildung 10: Generische Darstellung eines AEHS (angepasst nach Mulwa et al. 2010, S. 76)

Abbildung 10 zeigt eine generische Architektur eines AEHS. Das Domänenmodell nimmt bei diesen Systemen eine entscheidende Rolle für die Gestaltung der Adaptivität ein, da die darin abstrahierten Wissenselemente den Webseiten des Hyperraums zugrunde liegen (Brusilovsky 2012, S. 49–50). AEHS kombinieren mikro- und makroadaptive Aspekte der Instruktion und stellen eine Erweiterung klassischer adaptiver Instruktionssysteme dar, wobei neben der Adaptivität auf Basis der Benutzer- und Domänenmodellierung auch Adaptierbarkeit enthalten ist, da die Benutzer selbst über den Lernpfad oder das Befolgen von Vorschlägen entscheiden können. AEHS sind somit weniger starr und unflexibel als ITS (Shute und Zapata-Rivera 2012, S. 16; Lee und Park 2008, S. 475). AEHS sind webbasiert und können unkompliziert und ortsunabhängig einer heterogenen Zielgruppe zugänglich gemacht werden. Sie etablierten sich ab den 90er-Jahren des 20. Jahrhunderts, wobei die Akzeptanz insbesondere durch die Berücksichtigung der Kursverwaltungsmöglichkeiten von LMS erhöht werden konnte (für eine Betrachtung der Entwicklungsstadien von AEHS und Probleme bei der Implementierung in Lehrkontexten siehe Brusilovsky 2012, S. 47–49).

2.3 Bestandteile adaptiver E-Learning Systeme

2.3.1 Domänenmodell

Brusilovsky bezeichnet das Domänenmodell als „Rückgrat“ eines AEHS, wobei der dadurch abstrahierte Wissensraum zur Strukturierung und Beschreibung der Inhalte verwendet wird und eine Brücke zwischen dem Wissen und den Zielen des Benutzers und dem konkreten Informationsinhalt des Systems geschaffen wird (Brusilovsky 2012, S. 50–51). Im Domänenmodell wird die Sicht der Autoren auf den Anwendungsbereich des Lernsystems abstrahiert und in ein konzeptuelles Modell der Präsentation und Verzweigung der Inhalte überführt (Ennouamani und Mahani 2017, S. 344). Parcus de Koch spezifiziert in ihrem entwickelten Referenzmodell zur Beschreibung der Struktur adaptiver Hypermediasysteme eine Domäne als endliche Anzahl spezifischer Inhaltskomponenten, die zur Problemlösung, Zugriffsberechtigung oder Inhaltsgenerierung genutzt werden können. Mithilfe dieser Komponenten kann die Inhaltspräsentation und Anordnung der Webseiten im Hyperraum modelliert werden. Eine Komponente ist somit die abstrakte Repräsentation einer Informationseinheit oder die Verlinkung zwischen Knoten im Hyperraum der Domäne des Systems (Parcus de Koch 2001, S. 78–80). Domänenmodelle müssen Anforderungen des zugrundeliegenden Systems und der zu vermittelnden Lerninhalte berücksichtigen.

Im Domänenmodell werden atomare oder kombinierte wiederverwendbare Komponenten in Form von Lernobjekten und Wissensstrukturen zur Abbildung von Relationen beschrieben. Jedes Element dieser Struktur kann entsprechend des Wissens- oder Fähigkeitsniveaus der Lernenden klassifiziert und bestimmt werden, wobei zwischen der Modellierung von deklarativem und prozedurellem Wissen unterschieden wird (Shute und Towle 2003, S. 108–109). Entsprechend des in Abschnitt 2.2.2

vorgestellten Modells von Knutov et al. zur Klassifikation des Adaptationsprozesses entspricht das Domänenmodell der Informationsstruktur und -verzweigung in Form von Fragmenten, Seiten, Kapiteln oder atomaren Informationseinheiten. Konzepte und deren Beziehungen stehen somit im Vordergrund. Abstrakte Informationseinheiten bilden zumeist eine Hierarchie und können in verbundene Bestandteile oder narrative Strukturen überführt werden. Ein Domänenmodell ist eine statische Struktur, die von Experten des Anwendungsbereichs und von Autoren des Lernsystems erstellt werden. Das Modell gibt somit die inhaltlichen Grenzen der durch das Benutzermodell umgesetzten Adaptation vor (Knutov et al. 2009, S. 12–14; Mödritscher 2007, S. 41–42). Domänenmodelle können sich je nach Komplexitätsgrad aus verschiedenen Untermodellen zusammensetzen und aus mehr oder weniger stark vernetzten Elementen bestehen. Eine verbreitete Form der Inhaltsverlinkung in AEHS ist die Angabe erforderlicher Links zur Annotation der Voraussetzungen von Wissenselementen (Prerequisite Links). Auf Basis dieser Verzweigung können verschiedene Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung (siehe Abschnitt 2.4.2) implementiert werden, um Informationseinheiten möglichst präzise anzusteuern (Brusilovsky 2012, S. 50–51).

2.3.2 Benutzermodell

Parcus de Koch spezifiziert in ihrem Referenzmodell zur Beschreibung adaptiver Systeme (siehe Abschnitt 2.2.2) ein Benutzermodell als Teil der Speicherschicht, das die Informationsbeschaffung sowie die Initialisierung und Aktualisierung von Charakteristiken des Benutzers beinhaltet. Unterschieden werden zudem domänenabhängige Komponenten (das Benutzerwissen in Relation zum Domänenmodell) sowie domänenunabhängige Komponenten (Charakteristiken des Benutzers, z.B. kognitive und motivationale Eigenschaften) (Parcus de Koch 2001, S. 92–93; Knutov et al. 2009, S. 19–20). Das Kernstück von Benutzermodellen bildet eine Menge an Konzepten in Form spezifischer Themen, Wissenselemente, Vorschläge oder sonstiger Objekte, die mit dem Domänenmodell in Verbindung stehen. Diese Menge kann unabhängig voneinander spezifiziert werden (Level 1-Modelle), in semantischen Netzwerken verlinkt werden (Level 2-Modelle) oder themenweise als Menge von Attributen in Frameworks abgebildet werden (Level 3-Modelle) (Parcus de Koch 2001, S. 48–49). Pionierarbeit im Bereich Benutzermodellierung für adaptive Systeme leistete insbesondere die Forschung von Brusilovsky, der die zentralen Charakteristiken des Benutzers und die technischen Umsetzungen der Benutzermodellierung untersuchte. Brusilovsky und Millà benennen fünf zentrale Charakteristiken, auf denen die meisten Benutzermodelle basieren (für eine ausführliche Betrachtung siehe Brusilovsky und Millà 2007, S. 5–14):

- Benutzerwissen: Diese Eigenschaft wird als zentraler und oftmals einziger modellierter Aspekt in adaptiven Hypermedia-Systemen bezeichnet. Konzeptuelles oder prozedurales Wissen, das im Domänenmodell abgebildet wird, kann mithilfe verschiedener Techniken im Benutzermodell aktualisiert und dargestellt werden und in Techniken der adaptiven Präsentation und Navigationsunterstützung (siehe Abschnitt 2.4) ausgeführt werden. Der Ansatz beruht auf der kontinuierlichen Überwachung der Veränderung des aktuellen Wissensstands des Benutzers.
- Interessen: Die Modellierung von Benutzerinteressen wird vorrangig in adaptiven Information Retrieval-Systemen und Filtersystemen genutzt und basiert auf unterschiedlichen Techniken, die Interessen mithilfe von Schlüsselwörtern (Keywords) oder Konzepten abbilden.
- Ziele und Aufgaben: Bei dieser Eigenschaft steht der Anreiz des Benutzers zur Verwendung des adaptiven Systems im Vordergrund (Was möchte der Benutzer mit dem System erreichen?). Es handelt sich dabei um ein situationsspezifisches Benutzermerkmal, das häufig mit Zielkatalogen modelliert wird und im Kontext adaptiver Lernsysteme für die Unterstützung der Sequenzierung und Instruktion verwendet wird. Ziele können zudem hierarchisch entsprechend vorgegebener Aufgabenstellungen und Schwierigkeitsgrade modelliert werden.
- Hintergrund: Dieser Ansatz bezieht sich vorrangig auf die Vorerfahrungen oder das Vorwissen des Benutzers. Die Eigenschaft ist weniger veränderlich als z.B. Ziele und Aufgaben und kann daher mit einfacheren Techniken, wie Stereotypen, abgebildet werden.
- Individuelle Charaktereigenschaften (Traits): Dieses Merkmal kann eine Vielzahl von Eigenschaften umfassen, wie Persönlichkeitsmerkmale, kognitive Stile oder Lernmotivation. Die Charaktereigenschaften können mehr oder weniger veränderlich sein und mittels spezieller psychologischer Testverfahren ermittelt werden. Eine adäquate Modellierung in diesem Bereich bietet große Potenziale für eine passgenaue Adaptation, jedoch gestaltet sich eine Umsetzung aufgrund der teilweise schwer erfassbaren Eigenschaften als Herausforderung.

Parcus de Koch benennt ebenfalls eine Vielzahl dieser Charakteristiken, betont jedoch auch, dass Benutzermodelle zumeist lediglich eine unvollständige Repräsentation der eigentlichen Charakteristiken des Benutzers darstellt, da diese von Systemautoren entworfen und den Benutzern zugeschrieben werden (Parcus de Koch 2001, S. 36–37). Die etablierten Techniken der Benutzermodellierung greifen auf jene zurück, die bereits in Abschnitt 2.2.4 für mikroadaptive Systeme benannt wurden und umfassen insbesondere feature-basierte Ansätze, Stereotyp-Ansätze, Overlays und Bayessche Netze (Shute und Zapata-Rivera 2012, S. 11–14). Die Initialisierung von Benutzermodellen erfolgt allgemein über explizites Erfragen von aktuellen Zuständen der relevanten Charakteristiken oder die Annahme von Default-Werten (Parcus de Koch 2001, S. 46–48). Feature-

basierte Ansätze sind eine geläufige Methode der Benutzermodellierung, die spezifische Charakteristiken des Benutzers, die sich während der Arbeit mit dem System ändern können, explizit abbilden. Dabei werden der aktuelle Zustand und die Veränderung zur nächsten Aktualisierung des Modells erfasst. In diesem Zusammenhang werden zudem stereotype Modellierungsansätze genutzt, die mögliche Benutzer eines adaptiven Systems in Gruppen anordnen (Stereotypen) und diese entsprechend gleichbehandeln. Die Veränderung der Charakteristiken des Benutzers kann zu einer Aktualisierung und Veränderung der Stereotyp-Zuordnung führen. Die Eigenschaften und das Wissen des Benutzers werden dabei als Wertpaare erfasst und den entsprechenden Stereotypen zugeordnet, z.B. Anfänger oder Experten (Brusilovsky und Millàn 2007, S. 17; Parcus de Koch 2001, S. 50–51). Die Ermittlung von Benutzerdaten kann aktiv oder passiv, automatisch oder initiiert, direkt oder indirekt sowie explizit oder implizit erfolgen. Der Diagnoseprozess besteht aus der Transformation gesammelter Daten und einem Abgleich des Benutzerverhaltens mit dem im System hinterlegten idealen Verhalten (Parcus de Koch 2001, S. 53–55; Chin 1993).

Als noch wichtiger im Kontext adaptiver Hypermedia-Systeme beschreiben Brusilovsky und Millàn die Overlay-Modellierung, die in enger Verbindung zum Domänenmodell steht. Der dadurch repräsentierte Wissensraum dient als Grundlage für die Abbildung des Benutzerwissens und Wissensfortschritts und kann als hierarchisches oder semantisches Netzwerk aus Knoten repräsentiert werden, die direkt mit den im Domänenmodell beschriebenen Konzepten in Verbindung stehen (Brusilovsky und Millàn 2007, S. 18–20). Das Benutzerwissen wird über boolesche oder diskrete Werte geschätzt und gewichtet, um zu bestimmen, inwiefern der Benutzer ein Konzept des Domänenmodells bereits beherrscht. Dieser Ansatz eignet sich somit primär für eine wissensbasierte Adaptation (Parcus de Koch 2001, S. 49–50; De-Bra 2008, S. 34–36). Bayessche Netze sind Graphen mit Knoten und direkionalen Pfaden, die Benutzercharakteristiken in Form von Variablen abbilden und diese mit dazwischenliegenden pfadbasierten Wahrscheinlichkeitsbeziehungen beschreiben. Diese Ansätze werden insbesondere bei veränderlichen und schwer schätzbareren Charakteristiken angewendet, wobei empirische Daten als Schätzgrundlage erforderlich sind. Eine steigende Zahl berücksichtigter Variablen resultiert in enorm steigender Komplexität, die systemseitig eine große Verarbeitungsleistung erfordert (Shute und Zapata-Rivera 2012, S. 13; Pearl 1988).

Die beschriebenen Techniken bilden das Benutzermodell an sich ab, der Prozess der Modellierung wird in einem Lifecycle vollzogen, der aus dem Sammeln von Daten sowie dem Konstruieren, Aktualisieren, Warten und Nutzen des Modells besteht. Für ein adaptives System ist das Benutzermodell von entscheidender Bedeutung, da ohne diesen Vorgang alle Benutzer gleichbehandelt werden würden. Benutzermodelle können für adaptive und adaptierbare Systeme genutzt werden, wobei bei adaptiven Systemen das Modell automatisch systemseitig aktualisiert wird und bei adaptierbaren Systemen der Benutzer selbst Modifikationen vornehmen kann. Es resultieren somit dynamische und statische

Modelle, die zudem kurzfristig oder langfristig angelegt werden (z.B. über mehrere Sessions der Benutzung hinweg) (Ennouamani und Mahani 2017, S. 343; Parcus de Koch 2001, S. 37–39).

Beispiele für die Anwendung von Techniken der Benutzermodellierung und deren Verbindung mit Domänenmodellen wurden von Brusilovsky anhand mehrerer Fallstudien untersucht (für eine ausführliche Betrachtung siehe Brusilovsky 2012, S. 52–59). Benutzermodellierung kann zusammenfassend entweder primär datengetrieben (Diagnose allein auf Basis des Benutzerverhaltens, ohne vorab definierte Präferenzen oder Vorwissen) oder modellgetrieben erfolgen (Generierung prädiktiver Modelle und Abbildung auf das mögliche Benutzerverhalten), wobei sich der datengetriebene Ansatz besonders für einfache Domänen aufgrund der geringeren Komplexität eignet (Parcus de Koch 2001, S. 56).

2.3.3 Adaptationsmodell

Das Adaptationsmodell setzt die Systemanpassungen um, indem die Präsentation, der Inhalt oder die Benutzerführung aus der Kombination der Wissensrepräsentation im Domänenmodell und den im Benutzermodell hinterlegten aktuellen Charakteristiken des Benutzers angepasst werden (Knutov et al. 2009, S. 9). Das Modell setzt sich aus einer Menge an definierten Regeln und Funktionen zur Ausführung der Adaptation zusammen, die bestimmen, wie die neu geladenen Hypermedia-Seiten dem Benutzer präsentiert werden. Diese Regeln basieren auf den Informationen des Domänenmodells, des Benutzermodells und den Interaktionen, die in der Laufzeitschicht über die grafische Benutzerschnittstelle registriert werden, wie z.B. Benutzereingaben und Browsing-Aktivitäten. Sie können zudem global, lokal oder inhaltsspezifisch sein (Parcus de Koch 2001, S. 98–101). Die Umsetzung erfolgt mithilfe gängiger Webtechnologien und kann neben der Modellierung von Regeln zudem spezifische Kontext-, Verhaltens- oder Lernobjekte nutzen, die vom System entsprechend der aktuellen Zustände des Benutzermodells ausgewählt werden (Del-Puerto Paule Ruiz et al. 2008, S. 65).

Neben dem Begriff des Tutormodells, der insbesondere im Kontext von ITS (siehe Abschnitt 2.2.4) gebräuchlich ist und die Instruktion entsprechend der Differenzen von Expertenmodell (Soll-Zustand) und Benutzermodell (Ist-Zustand) anpasst (Schulmeister 2007, S. 180), existiert zudem der Begriff Adaptive Engine. Dabei wird auf Basis der Diagnose des aktuellen Wissensstands des Lernenden die Präsentation des nachfolgend geeigneten Knotens des hypermedialen Lernsystems entschieden. Dieser Prozess wird solange fortgesetzt und wiederholt, bis alle Knoten einer Lernsequenz erfolgreich bearbeitet wurden (Shute und Towle 2003, S. 112–113). Dies entspricht somit einem sehr vereinfachten Verständnis eines Adaptationsmodells. Mödritscher beschreibt diesen Systemaspekt unter Berücksichtigung der Instruktion, indem er von pädagogischem Modell und didaktischem Modell

spricht. Dahingehend wird beschrieben, welche Faktoren den Lernprozess beeinflussen (kontext- oder umweltbasierte Betrachtung) und welche konkreten Lernziele, Instruktionssequenzen und Informationen des Lernfortschritts vorliegen (Mödritscher 2007, S. 43–45). Unabhängig davon, ob die Abstraktion der Adaptation unter technischer oder didaktischer Fokussierung erfolgt, sind für die Ausführung der Systemanpassungen konkrete Adaptationstechniken erforderlich, die im nachfolgenden Abschnitt vorgestellt werden. Für den Benutzer wird das Ergebnis der drei in der Speicherschicht enthaltenen Modelle in der Laufzeitschicht sichtbar. In Form einer spezifischen Session wird eine Verbindung zur Domäne erstellt, die zudem Informationen über die Benutzungshistorie enthalten kann. Die präsentierten Webseiten des Systems enthalten die auf Basis des Adaptationsmodells konstruierten Komponenten, die auf den aktuellen Zuständen des Benutzermodells aufbauen (Parcus de Koch 2001, S. 104–106).

2.4 Techniken zur Visualisierung der Adaptation

Die konkrete Ausführung der im Adaptationsmodell hinterlegten Regeln entspricht der im Klassifikationsmodell von Knutov et al. enthaltenen Frage des „Wie?“ (siehe Abbildung 7 in Abschnitt 2.2.2). Entsprechend der Abstraktionsebene wird zwischen Adaptationsmethoden und Adaptationstechniken unterschieden. Methoden der Adaptation repräsentieren Generalisierungen einer spezifischen Technik und können sich auf die von Brusilovsky postulierte Differenzierung der Anpassung der Präsentation, des Inhalts oder der Navigationsunterstützung beziehen (Knutov et al. 2009, S. 25–26; Brusilovsky 1996). Adaptationsmethoden werden durch ein Adaptionsziel oder eine Adaptionsidee bestimmt und stellen eine Konzeptualisierung der Systemanpassung dar, die mittels unterschiedlicher geeigneter Techniken umgesetzt werden kann.

Die Techniken werden durch das Benutzermodell und die im Adaptationsmodell hinterlegten Adaptionsalgorithmen definiert. Inhalt, Präsentation und Navigation können unter Berücksichtigung der Instruktionsperspektive zudem als Anpassungen durch das Einfügen neuer Instruktionen, Änderung bestehender Instruktionen oder der Instruktionssequenz aufgefasst werden (Mödritscher 2007, S. 79–81; Parcus de Koch 2001, S. 19–20). Eine Übersicht über konkrete Techniken (mittlere und rechte Spalte) zur Umsetzung der drei Adaptionsmethoden (linke Spalte) gibt Abbildung 11. Da Brusilovsky ursprünglich lediglich zwischen adaptiver Präsentation (Inhaltsebene) und adaptiver Navigationsunterstützung (Linkebene) unterschieden hat (Brusilovsky 1996), werden im nachfolgenden Abschnitt die Aspekte der Anpassung des Inhalts und der Präsentation gemeinsam betrachtet.

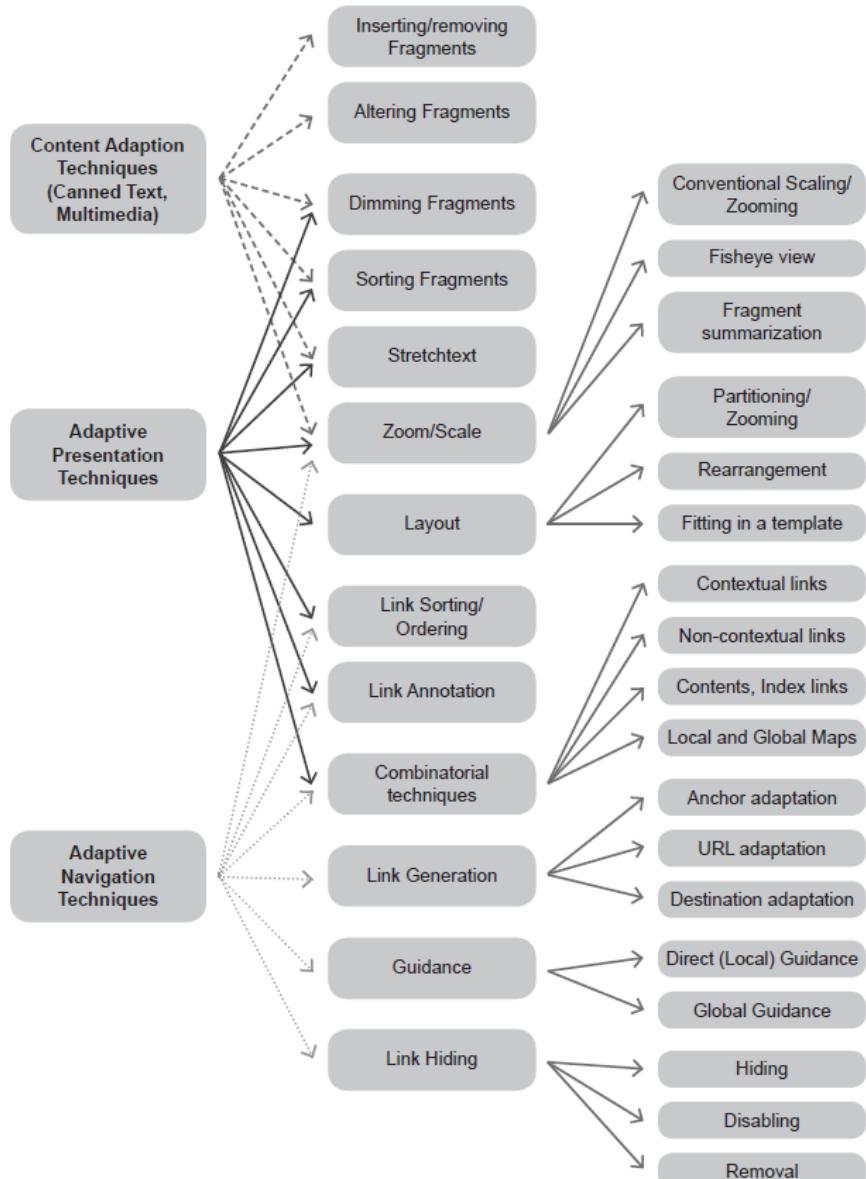


Abbildung 11: Taxonomie etablierter Methoden und Techniken der Adaptation (angepasst nach Knutov et al. 2009, S. 26)

2.4.1 Adaptive Inhaltspräsentation

Abbildung 11 zeigt auf, dass eine Vielzahl von Adaptationstechniken mehreren Methoden zuzuordnen ist, wobei der obere Teil der Systematisierung insbesondere die Anpassung des Inhalts oder dessen Präsentation umfasst. Adaptive Präsentation verändert dahingehend explizit nicht die Benutzerführung, sondern lediglich die Darstellungsvarianten. Die einfachste Form stellt in diesem Zusammenhang das Hinterlegen verschiedener Varianten einer Webseite entsprechend der aktuellen Zustände des Benutzermodells dar. Auf einer nächsthöheren Abstraktionsstufe steht das Anpassen einzelner Fragmente einer Webseite durch das Hinterlegen mehrerer Varianten (Bunt et al. 2007, S. 410–411). Das Layout wird bei der Adaptation der Präsentation den Vorlieben und Bedürfnissen des Benutzers angepasst, indem z.B. unterschiedliche Styleguides integriert werden oder die Schriftgröße,

Bildergröße, Textformatierung und Anordnung von Bestandteilen der aktuellen Webseite adaptierbar gestaltet werden (Knutov et al. 2009, S. 28–29; Parcus de Koch 2001, S. 24–25). Die Anpassung der Präsentation geschieht zumeist simultan zur Inhaltsadaptation. Auf Basis der aktuellen Zustände des Benutzer- und Domänenmodells wird systemseitig eine Entscheidung getroffen, welche Inhalte für den Benutzer am relevantesten und passendsten im derzeitigen Anwendungskontext sind und wie diese am effektivsten präsentiert und vermittelt werden können (Bunt et al. 2007, S. 409–410). Inhaltsadaptation basiert häufig auf dem Einblenden und Verbergen zusätzlicher Inhaltsfragmente oder dem Anbieten verschiedener Inhaltsvarianten. Typische Adaptationstechniken wären in diesem Zusammenhang das Dimmen, Sortieren, Zoomen oder Verbergen von Inhalten sowie die Stretchtext-Technik, bei der lediglich Platzhalter mit kurzen Informationen angezeigt werden, die bei Bedarf vergrößert oder aufgeklappt werden können (Knutov et al. 2009, S. 26–27; Parcus de Koch 2001, S. 20–21). Diese Techniken eignen sich im Lernkontext insbesondere zur Adaptation der Benutzereigenschaft Wissen, da je nach Inhalt z.B. benötigtes Vorwissen oder zusätzliche Erklärungen eingeblendet werden können. Somit können letztendlich Inhalte in verschiedenen Schwierigkeitsgraden und für unterschiedliche Zielgruppen angeboten werden (De-Bra 2008, S. 31–32).

Fortgeschrittene Formen der Inhaltsanpassung gehen darüber hinaus und umfassen die Selektion einer angemessenen Untermenge des Domänenmodells, die für den Benutzer entsprechend des aktuellen Kontexts und der im Benutzermodell hinterlegten Zustände als relevant identifiziert werden. Diese Inhalte müssen daraufhin gewichtet und strukturiert werden, um eine effektive Präsentation zu ermöglichen. Dahingehend sollten die inhaltlichen Beziehungen der Komponenten des Domänenmodells erhalten bleiben und die Sequenzierung des Lernmaterials berücksichtigt werden. Die beschriebenen Techniken sollten daraufhin je nach Priorität genutzt werden, um den Fokus des Benutzers auf spezifische Bestandteile des Inhalts oder den Kontext der Informationen zu lenken (für eine ausführliche Betrachtung der Eignung adaptiver Präsentationstechniken sowie eine Bewertung beispielhafter Umsetzungen im AEHS-Kontext siehe Bunt et al. 2007, S. 413–422).

2.4.2 Adaptive Navigationsunterstützung

Adaptation auf Linkebene zur Unterstützung der Navigation zielt darauf ab, den Benutzer auf den möglichst relevanten Pfaden zur Erledigung der Aufgaben und Erfüllung der gesetzten Ziele zu halten. Dahingehend kann die Anpassung der Benutzerführung allgemein entweder erzwungen oder selbstbestimmt in Form des Aufzeigens von Vorschlägen erfolgen (Knutov et al. 2009, S. 27–28; Parcus de Koch 2001, S. 22). Verlinkungen können mit verschiedenen Techniken so manipuliert werden, dass Links erscheinen oder verborgen werden (z.B. in Abhängigkeit des Wissensstands des Lernenden) oder in Listen sortiert sowie neu angeordnet werden (z.B. bei sich verändernden Benutzerzielen) (De-Bra

2008, S. 32–33; Brusilovsky 1996). Guidance-Techniken (z.B. Global, Local oder Direct Guidance) sind die Hauptkategorie, die mit erzwungener Navigation arbeiten und zeigen empfohlene Links über vordefinierte Ankerpunkte, die dem Benutzer eine möglichst effiziente Navigation durch die gezeigten Inhalte ermöglichen sollen (Knutov et al. 2009, S. 27–28). Globale Ansätze ermöglichen eine Verlinkung außerhalb des eigentlichen Systems, wohingegen Local Guidance sich lediglich auf Verlinkungen innerhalb des adaptiven Systems beschränkt (Ennouamani und Mahani 2017, S. 343). Direct Guidance führt den Benutzer auf lokaler Ebene und auf Basis der aktuellen Zustände des Benutzermodells jeweils zum passfähigsten Inhaltsknoten. Für Benutzer mit wenig domänenspezifischem Vorwissen kann somit in adaptiven Lernsystemen effizient die Sequenzierung der Lerninhalte unterstützt werden. Ein Problem dieser Techniken ist jedoch, dass Benutzer, die nicht zwingend der Systemempfehlungen folgen möchten, ignoriert werden (Brusilovsky 2007, S. 264–265).

Das Sortieren von Links (z.B. Link Ordering oder Link Sorting) entspricht einer Priorisierung aller Verlinkungen einer Webseite, wodurch z.B. die Navigationszeit stark reduziert werden kann, indem auf Basis der aktuellen Zustände der erfassten Charakteristiken des Benutzers die relevantesten Verlinkungen zuerst oder an oberster Stelle einer Linkliste angezeigt werden (Parcus de Koch 2001, S. 23–24; Brusilovsky 2007, S. 266–267). Eine Begrenzung der Komplexität des Navigationsraums und somit das Verhindern einer möglichen kognitiven Überforderung des Benutzers kann durch das Verbergen von Links (Link Hiding) oder das kurzzeitige Deaktivieren der Funktionalität (Link Disabling) erreicht werden. Techniken, die dem Benutzer mehr Freiheiten lassen, sind Link Annotation und Link Generation. Links können dahingehend z.B. um Zusatzinformationen erweitert werden, grafisch hervorgehoben werden (Annotation im eigentlichen Sinn) oder gänzlich neu erzeugt werden, um auf Basis der aktuellen Zustände des Benutzermodells nützliche Zusatzinhalte aufzuzeigen. Die Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung können zudem je nach Anwendungsfall sinnvoll kombiniert werden (Brusilovsky 2007, S. 268–271; Knutov et al. 2009, S. 27–28). Die Mechanismen zum Auslösen dieser Adaptationstechniken können auf Basis der Häufigkeit eines Linkaufrufs und damit einhergehender Priorisierung geschehen. Weitere Möglichkeiten sind die Überwachung des Bearbeitungsfortschritts, die Verwendung spezifischer Auslöser (Event-Triggering), die Anpassung der Benutzerführung aufgrund der Analyse der Seiteninhalts sowie indexbasierte Mechanismen (für eine ausführliche Erläuterung der Adaptationsmechanismen der Navigationsunterstützung und eine Analyse beispielhafter Umsetzungen im AEHS-Kontext siehe Brusilovsky 2007, S. 273–284).

3 Lernmotivation

Für die Untersuchung des Einflusses von adaptivem E-Learning auf die Lernmotivation von Studierenden ist ein vertieftes Verständnis sowie eine differenzierte Auseinandersetzung mit dem psychologischen Konstrukt Motivation, insbesondere im Schwerpunkt Lern- und Leistungsmotivation, erforderlich. Die Ausführungen dieses Kapitels sollen dazu dienen, eine geeignete Arbeitsdefinition, Konzeption und Modellierung des Lernmotivationsbegriffs für die Durchführung der späteren Studien und Optimierungen des E-Learning Systems zu erarbeiten.

Der Identifikation präziser Indikatoren der situativen Motiviertheit von Lernenden soll eine besondere Bedeutung zukommen, ebenso dem konzeptionellen Verständnis eines Lernvorgangs unter motivationalen Gesichtspunkten, um in späteren Kapiteln der Ausarbeitung Aussagen darüber treffen zu können, inwiefern die zu optimierende Lernplattform die Lernmotivation der Benutzer beeinflussen konnte. Ein triviales Alltagsverständnis von Motivation als Wunsch oder Gefühl, sich mehr anzustrengen oder um bessere Lernergebnisse zu erzielen, reicht offensichtlich nicht aus. Es gilt stattdessen die Herausforderung zu bewältigen, aus dem in viele Forschungslinien differenzierten Motivationskonstrukt (für einen Überblick siehe z.B. Heckhausen und Heckhausen 2010a) für den Untersuchungskontext möglichst angemessene und messbare Parameter zu identifizieren. Im E-Learning Kontext kommt zudem dem Konzept des selbstregulierten Lernens eine entscheidende Bedeutung zu, das heißt die gewählte Definition und Modellabbildung der Lernmotivation sollte auch diesem Anspruch gerecht werden.

Das Konzept der Volition, das sich mit der Regulation der Handlungsausführung befasst, und in Theorieansätzen wie dem Rubikon-Modell der Handlungsphasen (Achtziger und Gollwitzer 2010, S. 310–313) in Verbindung mit Motivation betrachtet wird, soll nicht Teil der Ausarbeitung sein. Ein Grund hierfür ist die teilweise umstrittene Bedeutsamkeit volitionaler Faktoren für das Verständnis des Lernprozesses. So sprach Engeser aufgrund der Befunde seiner Dissertation z.B. von einer möglicherweise überschätzten theoretischen Wichtigkeit der Volition und ferner von einer Art „Notfallregulation“ in Situationen schwacher handlungsleitender Intention (Engeser 2005, S. 211).

3.1 Begriffsbestimmung Lernmotivation

Der nachfolgende Abschnitt widmet sich zunächst einer allgemeinen Definition und Abgrenzung des Motivationsbegriffs. Eine weitere Eingrenzung bildet die Definition der Lernmotivation, die sich mit Anreizen des Aufnehmens und Verarbeitens von Wissen sowie des Aneignens von Fähigkeiten zur Zielerreichung befasst (Schiefele und Schaffner 2015, S. 155). Daraufhin wird das in Lern- und Leistungssituationen verankerte Erwartungs-Mal-Wert Paradigma als Verbindung eines wahrgenommenen Zielzustands und dessen beigemessener subjektiver Bedeutung erläutert

(Beckmann und Heckhausen 2010, S. 127–128). In diesem Kontext ist das Bestreben des Erbringens einer Leistung und der anschließenden Bewertung mit einem vorgegebenen Gütemaßstab bedeutsam (Brunstein und Heckhausen 2010, S. 145).

3.1.1 Begriffsbestimmung Motivation und Kategorisierung zentraler Theorien

Motivation ist allgemein ein Konstrukt zur Erklärung von Verhaltensweisen. Der Fokus liegt hierbei besonders auf deren Initiierung, Intensität und Persistenz – es geht demnach vorrangig um das „Warum“ der Handlungsausführung und deren Aufrechterhaltung (Usher und Morris 2012, S. 36). Darüber hinaus spielt die aktive Ausrichtung des Verhaltens auf Basis spezifischer Zielsetzungen und Interessenlagen und die möglichst ausdauernde Verfolgung dieser absichtsvollen Handlungen eine entscheidende Rolle (Keller 2010, S. 4)

Motiviertes Handeln beruht nach Heckhausen auf zwei universellen menschlichen Charakteristiken (Heckhausen und Heckhausen 2010b, S. 2–3):

Wirksamkeitsstreben:

- Dieses ist in seinen Grundzügen allen Säugetieren gleich und zielt auf die unmittelbare Kontrolle der eigenen und sozialen Umwelt ab. Es beinhaltet mehrere motivationale Steuerungsgrößen, wie die Präferenz für Verhaltens-Ereignis-Kontingenzen, das Explorationsstreben zur Erweiterung des eigenen Wirksamkeitspotenzials sowie differenzierte Reaktionen auf positive und negative Ereignisse, mit besonderer Betonung der Überwindung von Rückschlägen.

Zielengagement und Zieldistanzierung:

- Diese Charakteristik betont den zielgerichteten Aspekt menschlichen Handelns, bei dem Gedanken, Emotionen, Wahrnehmungen, Fertigkeiten und Aktivitäten koordiniert eingesetzt werden, um Ziele zu erreichen oder unerwünschte Zustände zu vermeiden.

Vom Motivationsbegriff abzugrenzen sind Motive, die eine Art „Vorstufe“ der Motivation darstellen, in Situationen mit entsprechendem Aufforderungscharakter angeregt werden und zu motiviertem Verhalten führen (Nerdinger 1995, S. 131). Motive stellen die Ursachen für bestimmte Verhaltensweisen in Form dispositioneller Personeneigenschaften dar und werden unterteilt in implizite und explizite Motive sowie ferner in Leistungs-, Macht und Anschlussmotiv. Bei impliziten Motiven handelt es sich um frühzeitig erlernte, durch Emotionen und Erleben beeinflusste Präferenzen zur Auseinandersetzung mit spezifischen Anreizformen, wohingegen explizite Motive die Selbstbilder, Werte und Ziele einer Person beschreiben (Heckhausen und Heckhausen 2010b, S. 4–5). Motive sind

dabei auf einem höheren Abstraktionsniveau als situativ bedingte Motivationsfaktoren (z.B. situatives Interesse, Erfolgsszuversicht) anzusiedeln und bilden die eher unterbewussten Neigungen, in z.B. leistungsbezogenen Situationen auf eine bestimmte Weise zu agieren (Brunstein 2010, S. 237–238). Nach McClelland sind Motive verantwortlich für das Energetisieren, Orientieren und Selektieren des Verhaltens bei entsprechendem Aufforderungscharakter der Umwelt (McClelland 1987). Eine Herausforderung, die der Berücksichtigung von Motiven, insbesondere impliziten Motiven, im Kontext, der in den späteren Kapiteln folgenden Untersuchungen im Wege steht, ist deren indirekte Erfassung, z.B. über komplexe projektive Verfahren wie dem Thematischen Auffassungstest (TAT). Diese und ähnliche Methoden wurden vielfach als wenig reliabel und zu zeitaufwändig beschrieben (Krapp et al. 2014). Darüber hinaus wären sie beim Lernen mit einer adaptiven E-Learning Plattform nicht parallel anwendbar. Engeser konnte darüber hinaus keine signifikanten Auswirkungen impliziter Motive auf die Selbstregulation und die Faktoren der aktuellen Motivation zeigen (Engeser 2005, S. 196–203), die für das Lernen mit einer E-Learning Plattform jedoch von entscheidender Bedeutung wären.

Die folgenden Abschnitte und die darin beschriebene Konzeption der Motivation sollen das Konstrukt als aktuell wirksamen und vorübergehenden Zustand, anstelle einer dispositionellen Eigenschaft, auffassen, der das Erleben aufgrund individueller Wünsche, Bestrebungen oder Willensbekundungen kontextabhängig beeinflusst (Schiefele und Schaffner 2015, S. 154). Eine in diesem Zusammenhang etablierte und vielfach zitierte Definition des Motivationsbegriffs liefern Rheinberg und Vollmeyer:

Motivation ist demnach eine „aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen positiv bewerteten Zielzustand.“ (Rheinberg und Vollmeyer 2018, S. 15)

Diese Definition soll auch in der vorliegenden Arbeit als zentrale Konzeption des allgemeinen Motivationsbegriffs dienen. In einer Untersuchung von Tarnutzer wurde der Begriff der Motiviertheit nach der Definition von Rheinberg beispielsweise als das Anstreben eines erwünschten Zielzustands aufgefasst, das entweder selbst- oder fremdbestimmt erfolgt und in der aktivierenden, zielbezogenen Planungs- und Handlungsausrichtung mündet (Tarnutzer 2016, S. 208). Die darin beschriebene Herausforderung des schulischen Lernens als weitgehend fremdbestimmte Aktivität mit begrenzten individuellen Zielsetzungsmöglichkeiten ist im Untersuchungsdesign der vorliegenden Arbeit im Hochschulkontext ebenfalls von Bedeutung. Aus diesem Grund ist zudem die geläufige Differenzierung von Motivation entsprechend intrinsischer oder extrinsischer Anreizfaktoren, z.B. auf Basis der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (Ryan und Deci 2009, S. 179–195) ein wichtiger Bestandteil des aktuellen Kapitels (siehe Abschnitt 3.2.1). Der Motivationsdefinition nach Rheinberg anschließend hat sich eine grundlegende Konzeption des Zustandekommens aktuell wirksamer Motivation als Vorbedingung einer Handlungsausführung in Form der Auffassung einer Wechselbeziehung zwischen Personen- und Situationsfaktoren etabliert (Niegemann et al. 2008, S. 360–362; Heckhausen und Heckhausen 2010b, S. 3). Die in der vorliegenden Bearbeitung

bedeutsamen personen- und situationsbezogenen Einflussgrößen werden in den Abschnitten 3.2.1 und 3.2.2 erläutert. Abbildung 12 veranschaulicht das Grundmodell der Motivationspsychologie nach Rheinberg, das zudem die Kernaussage der Motivationsdefinition widerspiegelt.

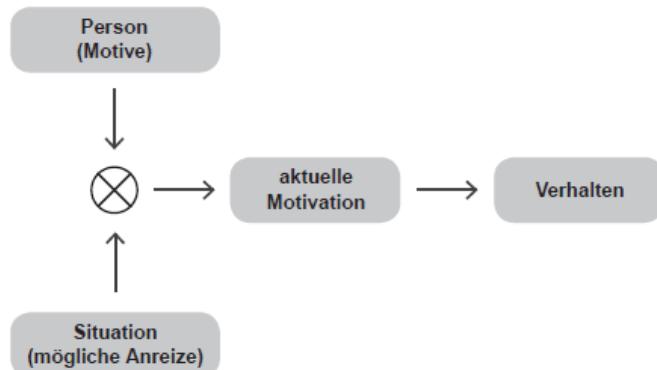


Abbildung 12: Grundmodell der Motivationspsychologie (angepasst nach Rheinberg und Vollmeyer 2018, S. 70)

Krapp et al. greifen diese Unterscheidung auf und sprechen ebenfalls von zwei psychologischen Betrachtungsebenen, die die Differenzierung von Motivation als State- und Trait-Variable kennzeichnen:

- Ebene 1: Situationsspezifisches Verhalten in Form von Prozessen der Motivierung und situationsspezifischen Lenkung des zielgerichteten Handelns. (State)
- Ebene 2: Motivationale Persönlichkeitsmerkmale oder Dispositionen genereller Handlungsbereitschaft in Form von Motiven oder individuell ausgeprägtem Interesse unter der Annahme, dass ein spezifisches Verhalten stets in ähnlicher Weise von diesen Merkmalen beeinflusst wird. (Trait) (Krapp et al. 2014, S. 194)

In der Literatur existieren darüber hinaus verschiedene Versuche, die historisch gewachsenen unterschiedlichen Theorien und Erklärungsansätze des Motivationskonstrukts zu kategorisieren. Heckhausen differenziert z.B. verschiedene Entwicklungslinien der Motivation, bei denen besonders die kognitionspsychologische, persönlichkeitstheoretische und motivationspsychologische Linie bedeutsam für die Konzeption der Lernmotivation sind. Die kognitionspsychologische Linie dient zur Erklärung menschlichen Verhaltens bezüglich spezifischer Situations- und Personenfaktoren und befasst sich vorrangig mit der Untersuchung der Motivanregung, Attribution, Wiederaufnahme von Motivation und Prozessen der Selbstregulation im Handlungskontext. Die motivationspsychologische Linie wird insbesondere mit der Forschung zu Leistungsmotivation nach McClelland, Heckhausen sowie dem Risikowahlmodell nach Atkinson assoziiert und befasst sich vorrangig mit den Erwartungen und zugeschriebenen Werten von Handlungsergebnissen (siehe Abschnitt 3.1.3). Die persönlichkeitstheoretische Linie liefert wiederum wichtige Grundlagen zur Bewertung von Personenfaktoren, insbesondere der Motivklassifikation und der Erklärung menschlichen Verhaltens,

z.B. auf Basis der Feldtheorie nach Lewin, die wiederum die Grundannahme lieferte, dass Handlungen als Resultat von Situations- und Personenfaktoren anzusehen sind (Heckhausen und Heckhausen 2010b, S. 21–28). Krapp et al. differenzieren zwei primäre Forschungsrichtungen mit Fokus auf die pädagogisch-psychologische Motivationsforschung (Krapp et al. 2014, S. 198):

- Kognitive Handlungstheorien auf Basis der Erwartungs-Mal-Wert-Konzepts der Leistungsmotivation (siehe Abschnitt 3.1.3), wie z.B. Leistungsmotiv, Attributionstheorie, Fähigkeitselfstkonzept, Selbstwirksamkeitserwartungen und Zielorientierung.
- Dynamische Persönlichkeitstheorien, wie z.B. die Selbstbestimmungstheorie und die pädagogische Interessentheorie.

Wolters betont in Lernkontexten unter dem Forschungsschwerpunkt der Motivationsregulation die Dominanz kognitiver und verhaltensbezogener Perspektiven aktueller Erklärungsansätze der Motivation. Verhaltensbezogen versucht Motivation die Persistenz, Aktivitätswahl, Intensität und das Maß der dabei empfundenen kognitiven Beanspruchung zu erklären. Aus kognitiver Perspektive unterscheidet Wolters z.B. die Produkt- und Prozesssicht der Motivation. Die Produktsicht bezieht sich dabei auf die Bereitschaft, zielgerichtet an der Erfüllung einer Aufgabenstellung zu arbeiten und den Willen zur Durchführung aufrechtzuerhalten, um ein bestimmtes Ergebnis zu erzielen. Die Prozesssicht bezieht sich auf die zur Verfügung stehenden motivationalen „Hilfsmittel“ und Regulationsmechanismen und die dahingehend beteiligten kognitiven Prozesse (Wolters 2003, S. 190–191). Keller, dessen Forschung sich speziell mit der Gestaltung motivationsförderlichen Instruktionsdesigns in Präsenz- und Online-Lernangeboten befasst, unterscheidet vier Gruppen von Motivationstheorien:

- Theorien auf Basis menschlicher Physiologie und Neurologie inklusive physiologischer Aktivierungs- und Regulationsprozesse
- Theorien auf Basis verhaltensbezogener Ansätze unter Berücksichtigung von Umwelt- und Sinneseinflüssen
- Kognitiv geprägte Theorien, die den Hauptfokus der Forschung einnehmen und z.B. die Erwartungs-Mal-Wert Theorie und kompetenzbezogene sowie soziale Theorien umfassen
- Motivationstheorien, erweitert um die Berücksichtigung von Emotion oder Affekt und deren Einflüsse auf motivationales Handeln (Keller 2010, S. 4)

Das Makromodell der Motivation und Leistung, das Kellers Syntheseleistung dieser Theorieansätze sowie dessen Basis für die Gestaltungsempfehlungen motivationsförderlichen Instruktionsdesigns darstellt, wird in Abschnitt 3.2.2 umfassend erläutert. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass insbesondere die kognitive Perspektive in der aktuellen Forschung, speziell im Lernkontext, eine wichtige Rolle einnimmt und dabei vor allem Ansätze zur Erklärung des menschlichen Handelns auf

Basis spezifischer Personen- und Situationsfaktoren bedeutsam sind. Dieser Schwerpunkt soll daher in den folgenden Abschnitten Anwendung finden und weiterführend anhand konkreter Motivationstheorien und -modelle aufgearbeitet werden, um ein solides theoretisches Fundament für die nachfolgenden Untersuchungen der Motivationsförderlichkeit adaptiven E-Learnings zu bieten. Die allgemeine Motivationsdefinition der Arbeit bildet jene von Rheinberg und Vollmeyer. Die allgemeine Modellabstraktion bildet das Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie, wobei der Fokus auf Leistungssituationen im Lernkontext liegt.

3.1.2 Begriffsabgrenzung Lernmotivation

Der Begriff Lernmotivation grenzt die allgemeine Motivationsdefinition des vorherigen Abschnitts dahingehend ein, dass das Erlernen spezifischer Fähigkeiten oder Wissensinhalte in einer bestimmten Domäne als absichtsvolles Ziel in den Mittelpunkt der Verhaltensausrichtung rückt. Es geht diesbezüglich um die Erklärung des Grunds, der Dauer und der Intensität des Lernvorgangs (Engeser 2005, S. 5; Wild et al. 2001, S. 218–219). Nach Krapp meint Lernmotivation die Bereitschaft, sich „aktiv, dauerhaft und wirkungsvoll mit bestimmten Themengebieten auseinanderzusetzen, um neues Wissen zu erwerben bzw. das eigene Fähigkeitsniveau zu verbessern“ (Krapp 1993 zitiert nach Krapp und Hascher 2014, S. 253). Von besonderer Bedeutung ist somit das absichtsvolle Erlernen dieser Aspekte zur Erreichung individueller Zielzustände. In Lernkontexten geschieht dies meist in Leistungssituationen und unter der Absicht, Leistungen entsprechend eines vorgegebenen Gütemaßstabs zu erbringen (Schiefele und Schaffner 2015, S. 155).

Eine weitere Differenzierung und Abgrenzung der Lernmotivation kann über die Betrachtung ausschließlich gerichteten, absichtsvollen Verhaltens geschehen („unabsichtliches“ Erlernen von Wissen oder Fähigkeiten wird nicht berücksichtigt) sowie über die Unterscheidung intrinsischer und extrinsischer Anreizfaktoren des Lernens. Dahingehend spielen zudem handlungsfolgende Konsequenzen der Zielerreichung sowie Erlebenszustände während der Lerntätigkeit eine Rolle (Engeser 2005, S. 6; Schiefele und Schaffner 2015, S. 155). Nach Schiefele meint extrinsische Lernmotivation folglich die absichtsvolle Durchführung von Lerntätigkeiten zur Herbeiführung positiver oder zur Vermeidung negativer Konsequenzen. Die intrinsische Lernmotivation bezieht sich hingegen auf die absichtsvolle Durchführung einer Lerntätigkeit aufgrund des Erlebens positiv bewerteter Zustände während der Handlungsausführung. Diese beiden Ausprägungen müssen sich nicht ausschließen, sondern können gleichermaßen situativ wirksam sein (Schiefele und Schaffner 2015, S. 155; Schiefele 1996). Ferner unterscheiden Schiefele und Schaffner sechs Komponenten der extrinsischen Lernmotivation (Schiefele und Schaffner 2015, S. 156–157):

- Leistungsbezogener Aspekt – Lernen aufgrund des Erhalts positiver Leistungsrückmeldungen
- Kompetenzbezogener Aspekt – Lernen zur Erweiterung eigener Kompetenzen
- Wettbewerbsbezogener Aspekt – Lernen zum Übertreffen anderer Lernender und zur Demonstration eigener Überlegenheit
- Sozialer Aspekt – Lernen aufgrund des Erfahrens sozialer Anerkennung
- Beruflich-materieller Aspekt – Lernen zum Erreichen beruflich-materieller Ziele
- Beruflich-inhaltlicher Aspekt – Lernen als Voraussetzung zum Ausüben angestrebter beruflicher Tätigkeiten

Die daraus resultierenden unterschiedlichen Regulationsstile und Formen der Internalisierung im Kontext der extrinsischen Motivationsanteile werden im Rahmen der Selbstbestimmungstheorie in Abschnitt 3.2.1 weiterführend erläutert.

Intrinsische Lernmotivation kann wiederum aufgrund des Lernens aus purer Neugier oder Interesse an einem spezifischen Lerngegenstand resultieren (gegenstandszentrierte Perspektive) sowie aus der Freude am Ausüben und Erleben des Lernvorgangs (tätigkeitszentrierte Perspektive). Diese Unterscheidung greift auf die Anreiztypisierung von Rheinberg zurück (Rheinberg und Vollmeyer 2018; Schiefele und Schaffner 2015, S. 157–158). Für das Zustandekommen einer wirksamen Lernmotivation liegt somit stets eine situationsspezifische Kombination verschiedener Ursachenfaktoren vor, z.B. das generelle Leistungsmotiv einer Person, die subjektive Bewertung der Erfolgswahrscheinlichkeit oder der Anreizwert des Erreichens des Zielzustands (Hannover 2008, S. 171). Das dominante Vorhandensein extrinsischer oder intrinsischer Aspekte der aktuellen Lernmotivation kann weiterführende Auswirkungen haben, z.B. hinsichtlich der Verwendung von Lernstrategien oder der Tiefe der Verarbeitung des Lernmaterials. Darüber hinaus kann sich der Grad der empfundenen Autonomie und die Selbstwahrnehmung des Kompetenzerlebens unterscheiden, was wiederum Auswirkungen auf das Kontrollempfinden der Lernaktivitäten und letztlich die Zufriedenheit der Lernenden haben kann (Schiefele 2009, S. 215; Schiefele und Schaffner 2015, S. 165–166). Der im Lernkontext besonders bedeutsame Leistungsaspekt wird im nachfolgenden Abschnitt erläutert.

3.1.3 Leistungsaspekte als Schwerpunkt der Lernmotivation

Aspekte der Leistungsmotivation werden in Verbindung mit einem individuell ausgeprägten Leistungsmotiv zumeist als stabile Personeneigenschaften aufgefasst, wobei allgemein das Anstreben positiver affektiver, selbstbezogener Zustände einen wichtigen Anreizfaktor einer Person zur zielgerichteten Auseinandersetzung mit einem spezifischen Gütemaßstab darstellt (Nerdinger 2008, S. 231–232). Definitionsansätze lieferte insbesondere die Forschung von Heckhausen, die Leistungsmotivation als Bestreben der Steigerung eigener Tüchtigkeit in allen Tätigkeiten, die mit

einem verbindlichen Gütemaßstab assoziiert werden, beschreibt. Diese Tätigkeitsausführung kann in Erfolg oder Misserfolg resultieren, was wiederum die beiden Hauptkomponenten der Leistungsmotivation ausmacht (Brunstein und Heckhausen 2010, S. 150–151). Leistungsbezogene Handlungen und deren resultierende Erfolge oder Misserfolge führen in Abhängigkeit individueller Erwartungen hinsichtlich der Erfüllung eines Gütemaßstabs zu verschiedenen typischen affektiven Zuständen, die eine Klassifikation in generell erfolgs- oder misserfolgsmotivierte Personen nahelegt. Ein etabliertes Modell zur Erklärung dieses Verhaltens ist das Risiko-Wahl-Modell von Atkinson (siehe Abbildung 13) zur Beschreibung der individuellen Beurteilung der Eintretens von Erfolgen oder Misserfolgen, der Anreizstärke des Erfolgs und der resultierenden Wahl spezifischer Aufgabenschwierigkeiten (Küfner 2010, S. 76; Atkinson 1975).

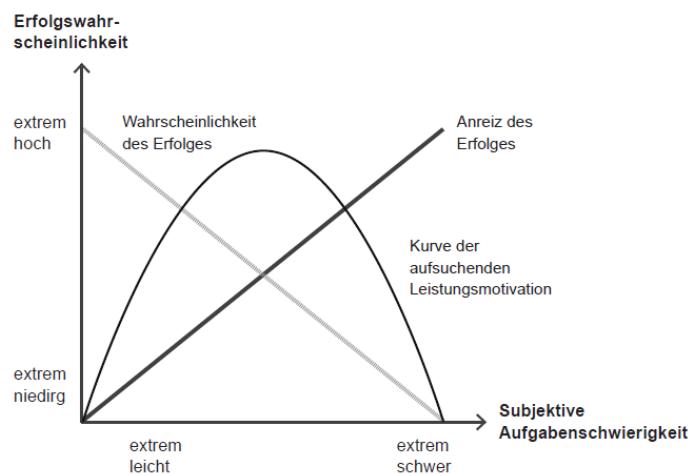


Abbildung 13: Leistungsmotivation entsprechend des Risiko-Wahl-Modells (angepasst nach Küfner 2010, S. 76 und Brunstein und Heckhausen 2010, S. 163–165)

Konsens in der Forschung besteht weitgehend darüber, dass erfolgsmotivierte Personen vorrangig Aufgaben bevorzugen, die leicht oberhalb ihres aktuellen Anspruchsniveaus liegen, was in einer relativ gleichen Chance auf Erfolg oder Misserfolg resultiert. Misserfolgsmotivierte Personen wählen hingegen primär Aufgaben, die im Vergleich zum aktuellen Anspruchsniveau entweder zu leicht oder zu schwer sind – Misserfolge werden bei dieser Personengruppe meist mit individuellem Versagen, mangelnden Fähigkeiten oder Scham attribuiert (Engeser 2005, S. 8–9; Wild et al. 2001, S. 231–232). Bedeutsam im Kontext der Lernmotivation sind insbesondere anreizbezogene Modelle zur Erklärung des Zustandekommens von Motivation als Produkt aus Erwartungen hinsichtlich des Eintretens spezifischer Zielzustände gemäß eines Gütemaßstabs und des subjektiv beigemessenen Wertcharakters dieser Zustände. Die Berücksichtigung von Erwartungen und Anreizen resultierte in einer Weiterentwicklung des Grundmodells der Motivationspsychologie von Rheinberg (siehe Abschnitt 3.1.1) zum erweiterten kognitiven Motivationsmodell (siehe Abbildung 14).

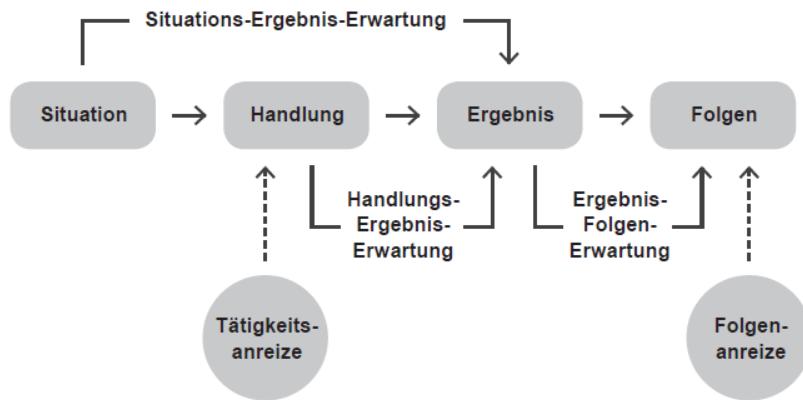


Abbildung 14: Erweitertes kognitives Motivationsmodell (angepasst nach Heckhausen und Heckhausen 2010b, S. 5 und Rheinberg 1989, S. 104)

Die mittlere Ebene veranschaulicht dabei die idealtypischen zentralen Komponenten einer Handlungsausführung, wobei die Ausbildung einer wirksamen Motivation von Erwartungen und Anreizen bedingt wird (Wild et al. 2001, S. 226–227; Rheinberg und Vollmeyer 2018, S. 155–156). Das Modell unterscheidet neben den bereits im vorherigen Abschnitt benannten Anreizkomponenten (Tätigkeits- und Folgenanreize) drei Erwartungstypen (Niegemann et al. 2008, S. 363–364; Engeser 2005, S. 24–25):

- Situations-Ergebnis-Erwartung – subjektive Einschätzung der Wahrscheinlichkeit, mit der sich ein gewünschtes Ergebnis ohne absichtsvolles Zutun einstellen wird
- Handlungs-Ergebnis-Erwartung – subjektive Einschätzung, inwiefern mit eigenen Handlungen ein gewünschtes Ergebnis erzielt werden kann
- Ergebnis-Folgen-Erwartung – subjektive Einschätzung der Wahrscheinlichkeit, mit der ein gewünschtes Ergebnis spezifische Folgen nach sich zieht

Eine hohe Situations-Ergebnis-Erwartung in Lernkontexten wäre z.B. gegeben, wenn sich eine als hinreichend empfundene Note auch ohne bewusst ausgeführte Lernaktivitäten ergeben würde. Die Handlungs-Ergebnis-Erwartung ist die eigentliche Bewertung der Erfolgswahrscheinlichkeit sowie die Abschätzung der eigenen Kompetenz zur Erreichung eines Ziels (siehe Selbstwirksamkeitserwartung in Abschnitt 3.2.1). Voraussetzungen für eine angemessene Handlungsausführung sind z.B. vorhandenes Domänenwissen oder die Wahl passfähiger Lernstrategien. Die Bewertung der Folgen in der Ergebnis-Folgen-Erwartung ist jeweils vom eigens gesetzten Gütemaßstab abhängig, z.B. von affektiven Komponenten wie Stolz oder zweckgebundenen Komponenten, wie dem bloßen Bestehen einer Lehrveranstaltung (für eine ausführliche Diskussion siehe Engeser 2005, S. 25–26).

Neben dem erweiterten kognitiven Motivationsmodell existieren zahlreiche weitere Ansätze zur Beschreibung des Zusammenspiels von Erwartungen und Wertzuschreiben, die allgemein als Erwartungs-mal-Wert-Theorien bezeichnet werden. Generell werden laut diesen Ansätzen

Handlungsalternativen bevorzugt gewählt, die ein maximales Produkt aus erzielbarem Wert und der Erwartungswahrscheinlichkeit der Werterzielung versprechen. Erwartungs-mal-Wert-Theorien dienen als Grundlage einer Vielzahl von Beschreibungsansätzen der Leistungsmotivation (Beckmann und Heckhausen 2010, S. 106–107). Es handelt sich insgesamt um ein primär zweckgebundenes, leistungsspezifisches Verständnis von Motivation, bei der Handlungsausführungen nur dann vollzogen werden, wenn ein Erfolg wahrscheinlich erscheint und mit erstrebenswerten Folgen einhergeht (Wild et al. 2001, S. 220). Grundlage dieser Modelle bildete das in Abbildung 13 dargestellte Risiko-Wahl-Modell. Einen etablierten Erklärungsansatz liefern Eccles und Wigfield (siehe Abbildung 15).

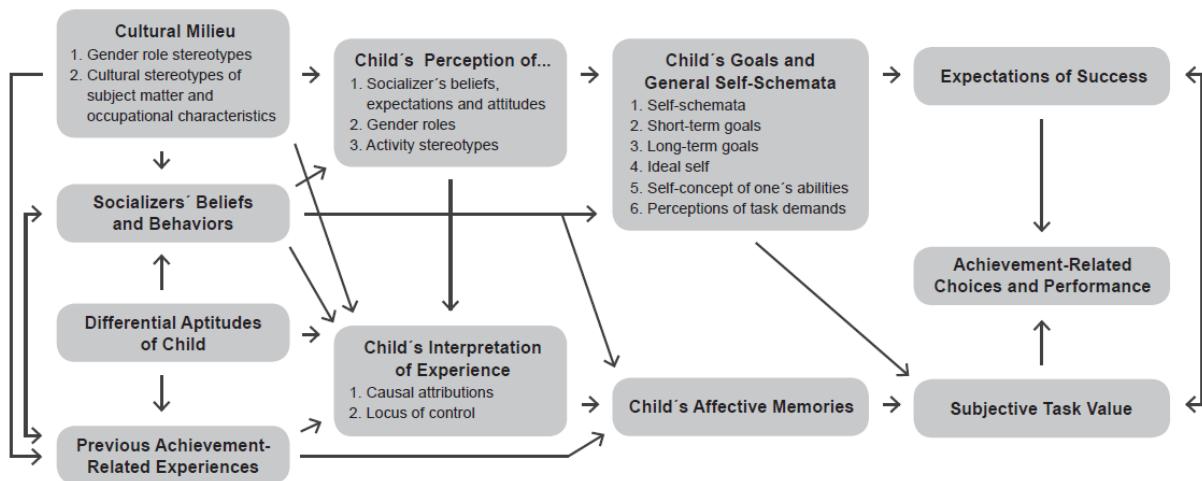


Abbildung 15: Erwartungs-mal-Wert-Modell zur Erklärung von Leistungserbringung und Aufgabenwahl (angepasst nach Wigfield et al. 2009, S. 57)

Entsprechend dieses Ansatzes sind Erwartungen und Werte direkte Prädiktoren der Leistungserbringung und Aufgabenwahl und werden von einer Vielzahl psychischer, sozialer und kultureller Einflüsse bedingt. Erwartungen und Werte werden durch aufgabenspezifische Überzeugungen (z.B. Kompetenzwahrnehmungen, Schwierigkeitsgrade), individuelle Ziele und Selbstschemata beeinflusst. Das Modell unterscheidet zudem zwischen konzeptuellen, allgemeinen sowie situationsspezifischen Erwartungen (Wigfield et al. 2009, S. 57–59). Subjektive Aufgabenwerte bestehen aus den vier Komponenten Wichtigkeit der Aufgabenbewältigung, intrinsischer Wert der Aufgabe, Nützlichkeitswert der Aufgabe und Kosten im Sinne des Aufwands zur Bewältigung der Aufgabe (Wigfield und Cambria 2010, S. 39). Die mithilfe von Erwartungs-mal-Wert-Modellen und anderen Ansätzen zur Beschreibung der Leistungsmotivation gewonnenen Erkenntnisse resultierten in zahlreichen Forschungsergebnissen, wodurch dieser Motivationsaspekt allgemein sehr gut beschreibbar ist. Erfolgserwartungen und Fähigkeitsüberzeugungen sind zentrale Prädiktoren von Lernleistung und eignen sich zudem zur Beschreibung des Durchhaltevermögens beim Lernen sowie der individuellen Aufgabenwahl. Wertzuschreibungen eignen sich ferner zur Vorhersage der Intention zur Ausführung von Lernaktivitäten und deren Weiterverfolgung (Wigfield und Cambria 2010, S. 46–47; Wild et al. 2001, S. 230–231).

Lernmotivation wird im Kontext der vorliegenden Arbeit somit stets unter dem Aspekt der Leistungserbringung sowie zugehöriger Erwartungen und Anreize aufgefasst. Dahingehend wurde ein für den E-Learning Kontext unter Berücksichtigung des selbstregulierten Lernens geeignetes Prozessmodell identifiziert. Das Modell und die dazugehörigen Komponenten werden in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

3.2 Prozessmodell der Lernmotivation beim selbstregulierten Lernen

Das kognitiv motivationale Prozessmodell des selbstregulierten Lernens (siehe Abbildung 16) diente im Kontext des beschriebenen Gesamtvorhabens als Rahmenmodell für die Veranschaulichung einer idealtypischen selbstregulierten Lernaktivität mit einer E-Learning Plattform.

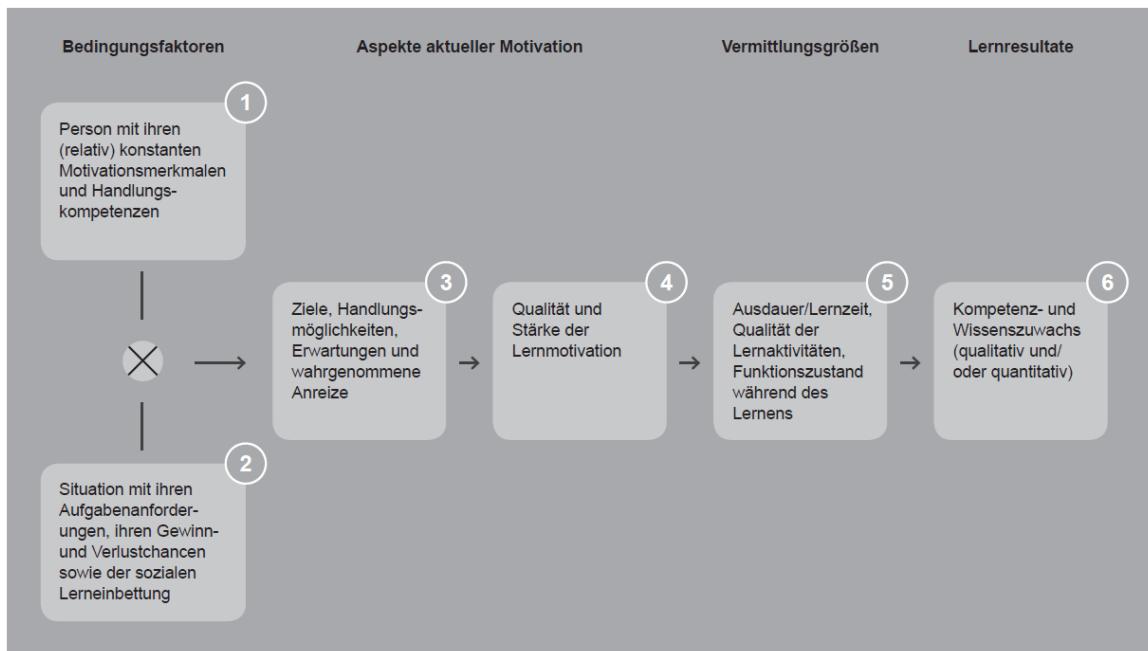


Abbildung 16: Kognitiv motivationales Prozessmodell des selbstregulierten Lernens (angepasst nach Rheinberg et al. 2000, S. 505 und Engeser 2005, S. 52)

Das Modell fasst Motivation als eine den Lernerfolg erklärende Variable und somit wichtigen Prädiktor für erfolgreiches Lernen auf. Die Konfrontation mit einer spezifischen Aufgabenstellung soll dahingehend motivationale Komponenten aktivieren, die wiederum in der Ausführung von Handlungen zur Zielerreichung resultieren (Bachmann 2009, S. 49). Es ist somit eine nochmalige Anpassung des Grundmodells der Motivationspsychologie (siehe Abschnitt 3.1.1) sowie des erweiterten kognitiven Motivationsmodells (siehe Abschnitt 3.1.3). Das Modell veranschaulicht Bedingungen, Prozesse und Ergebnisse motivierten Handelns entlang einer Zeitachse mit sechs motivational bedeutsamen Aspekten (Krapp et al. 2014, S. 195). Der Beginn des Prozesses wird mithilfe der Bedingungsfaktoren beschrieben (Box 1 und Box 2), wobei die im Grundmodell der

Motivationspsychologie verankerte Wechselbeziehung zwischen Personen- und Situationsfaktoren Anwendung findet, die zu motiviertem Verhalten führt (Rheinberg et al. 2000, S. 505). Diese Beziehung resultiert in der Ausbildung einer aktuell wirksamen Motivation (Box 3 und Box 4), die insbesondere auf den Erwartungstypisierungen und dem zielgerichteten Handeln des erweiterten kognitiven Motivationsmodells beruhen und Aussagen zu Qualität und Stärke der Lernmotivation ermöglichen. Diese aktuelle Motivation wirkt schließlich indirekt über Vermittlungsgrößen (Box 5) auf die Lernresultate (Box 6). Das Modell postuliert somit, dass eine hohe aktuell wirksame Motivation nicht automatisch zu einer besseren Lernleistung führt, sondern zusätzliche Mediatoreffekte berücksichtigt werden müssen (Engeser 2005, S. 51–53). Die nachfolgenden Abschnitte widmen sich der umfassenden Vorstellung der Bestandteile des Prozessmodells und der zugrundeliegenden Theorien, die im Kontext des Untersuchungsdesigns Anwendung fanden. Der spezifische Aspekt des selbstregulierten Lernens wird in Abschnitt 3.3 vertieft. Die operationalisierte Form des Modells und dessen zugehörige Komponenten zur Konzeption der Lernmotivation, auf das in den durchgeführten Laborstudien zurückgegriffen wurde, wird in Abbildung 36 in Abschnitt 5.1.1 dargestellt.

3.2.1 Personenfaktoren

Die Personenfaktoren des Prozessmodells fokussieren sich primär auf motivationale Aspekte, z.B. Leistungsmotive, persönliche Interessen, Zielorientierungen, motivationale Orientierungen oder Selbstwirksamkeitsüberzeugungen. Darüber hinaus werden kognitive Variablen, z.B. Handlungskompetenz, Intelligenz oder Vorwissen, berücksichtigt (Rheinberg et al. 2000, S. 504–506; Rheinberg und Fries 1998, S. 169–170). Nachfolgend werden insbesondere die nach Zander und Heidig für die Zielverfolgung bedeutsamen Variablen Interesse (veranschaulicht anhand der pädagogischen Interessentheorie) und motivationale Anreizfaktoren (veranschaulicht anhand der Selbstbestimmungstheorie) betrachtet (Zander und Heidig 2018, S. 4–5). Ergänzt wird dies durch die im Kontext der Leistungsmotivation in Abschnitt 3.1.3 bereits benannte Selbstwirksamkeitserwartung als Einschätzung eigener Kompetenzzuschreibungen. Eine wichtige Determinante einer erfolgreichen Integration von E-Learning Angeboten in bestehende Lernkontakte stellt zudem die Akzeptanz der verwendeten Technologie dar (Olbrecht 2010, S. 8–9). Dieser Aspekt wird als zusätzlicher Personenfaktor ebenfalls beschrieben.

Pädagogische Interessentheorie

Zentrale Grundlagenarbeit zur Begriffsbestimmung von Interesse lieferte Schiefele, der Interesse allgemein definiert als die „Gerichtetheit der Person auf die erkennende Erfassung von Sachverhalten, Zusammenhängen, Situationen [...]. Besondere Merkmale sind ein Bewusstwerden von Bedeutungen und die emotionale Anziehungskraft des Interessierenden“ (Schiefele 1974, S. 251). Interesse wird als

Vorstufe oder Vorbedingung des Zustandekommens von Motivation angesehen, wobei der Bezug zu einem spezifischen Interessengegenstand, z.B. Lerninhalte oder Lernaktivitäten, essenziell ist. Die Person-Objekt-Beziehung ist somit ein kennzeichnendes Merkmal des Interessenbegriffs (Schiefele 2009, S. 197; Krapp 2002). Zentrale Bestimmungsmerkmale dieser Beziehung sind die gegenstandsspezifische wertbezogene Valenz und die aktive Auseinandersetzung mit dem Gegenstand in Form der emotionalen Valenz. Weiterhin spielt die intrinsische Qualität des Interesses eine Rolle, die in enger Relation zum individuellen Selbst steht (Krapp et al. 2014, S. 205). Beim Interessenbegriff wird generell zwischen dispositionellen und nicht-dispositionellen Sichtweisen unterschieden. Interesse als Disposition wäre nach diesem Verständnis das Richten der Aufmerksamkeit auf einen Interessengegenstand, eine Zuwendung aus innerem Antrieb sowie eine gefühlsbezogene Identifikation mit einem Gegenstand. Bei nicht-dispositionellen Auffassungen erfolgt die Interessenerklärung primär über die Person-Objekt-Beziehung, wobei das Interesse einen Prozess darstellt, der zu einer Identifikation mit einem Interessengegenstand und dazugehörigen Handlungen führt (Prenzel 1988, S. 33–35; Küfner 2010, S. 91–92).

Darauf aufbauend erfolgt eine weiterführende Unterscheidung zwischen individuellem und situativem Interesse. Individuelles Interesse bezeichnet eine relativ stabile affektiv-evaluierende Orientierung hinsichtlich eines Interessengegenstands. Es geht zudem mit Assoziationen zwischen diesem Gegenstand und zugehörigen positiven Gefühlen sowie wertbezogenen Attributen einher. Die Aktivierung eines individuellen Interesses kann zur Ausbildung einer spezifisch wirksamen Motivation führen (Schiefele 2009, S. 198). Individuelles Interesse wäre somit das dispositionelle Verständnis des Interessenbegriffs und würde in Lernkontexten die allgemeine Vorliebe für eine bestimmte Domäne oder ein allgemeines Studieninteresse beschreiben. Interesse wird dabei eher als übergeordnete Personeneigenschaft aufgefasst sowie Tendenz, sich ohne situationsspezifische Aktivierung wiederholt mit einem Interessengegenstand auseinanderzusetzen. Das individuelle Interesse ist folglich im persönlichen Wertesystem verankert und Teil des Selbstkonzepts (Krapp 1992, S. 748–749; Schiefele 2009, S. 201–203).

Situatives Interesse wird als temporärer Zustand aufgefasst, der im Lernkontext z.B. durch bestimmte Aspekte einer Lernsituation, eines Lernobjekts oder einer Lernaufgabe angeregt werden kann und in einer fokussierten Aufmerksamkeit resultiert, die relativ frei von Anstrengung erlebt wird und mit positiven Emotionen assoziiert wird (Schiefele und Schaffner 2015, S. 162; Schiefele 2009, S. 198). Situatives Interesse kann durch die Aktivierung überdauernder individueller Interessen hervorgerufen werden (entspricht einem aktualisierten individuellen Interesse) oder durch spezifische Anreizfaktoren der Situation (entspricht dem situativen Interesse im eigentlichen Sinn). Situatives Interesse wird ferner durch emotionale Komponenten bedingt, die durch die Charakteristiken der Situation ausgelöst werden, z.B. Neugier aufgrund der Neuartigkeit oder Komplexität eines Lerninhalts. Der Prozess der

Interessiertheit unterteilt sich dabei in das Auslösen (zeitlich begrenztes Entstehen einer fokussierten Aufmerksamkeit) und Aufrechterhalten des situativen Interesses (Betonung der Bedeutsamkeit des Inhalts und positive Wertzuschreibungen). Ein lang überdauerndes situatives Interesse kann zudem zur Ausbildung eines individuellen Interesses führen (Schiefele 2009, S. 198–200). Abbildung 17 zeigt die Beziehung zwischen situativem und individuellem Interesse und deren Auswirkungen auf das Lernen, wobei insbesondere die Interessantheit einer Lernumgebung ein Anreizfaktor des situativen Interesses darstellt und interessierte Zuwendung auslöst (Krapp 1992, S. 749).

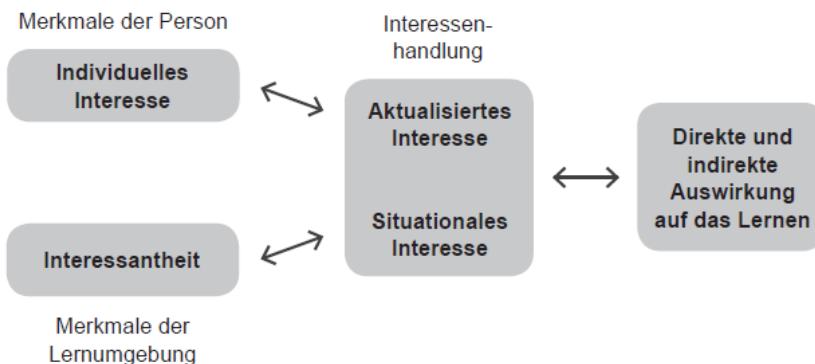


Abbildung 17: Beziehung zwischen individuellem und situativem Interesse und Auswirkungen auf das Lernen (angepasst nach Künfer 2010, S. 94 und Krapp 1992, S. 750)

Beide Interessenformen sind somit nicht eindeutig voneinander trennbar, sondern stellen zentrale Komponenten eines übergeordneten Interessenverständnisses dar. Persönlichkeitsmerkmale (individuelles Interesse) stehen dabei in Beziehung zu interesseweckenden Charakteristiken einer Lernsituation und den damit einhergehenden aktuellen psychischen Zuständen einer Person (situatives Interesse). Situatives Interesse ist in Lernkontexten vorrangig von Bedeutung, wenn eine Auseinandersetzung mit Lernobjekten erfolgen soll, für die noch kein individuelles Interesse vorliegt, z.B. das Wecken von Interesse am Erlernen von Programmiersprachen in geistes- oder sozialwissenschaftlichen Studiengängen mithilfe einer E-Learning Anwendung. Interesse hat zudem Auswirkungen auf die Regulation von Lernaktivitäten (Krapp 1992, S. 750–751; Schiefele und Schaffner 2015, S. 166) und wird als wichtiger Bedingungsfaktor für das Zustandekommen intrinsischer Motivation angesehen (Schiefele 2009, S. 204). Bedeutsam ist in diesem Zusammenhang das selbstbestimmte Handeln und Erleben der Situation (für eine kritische Auseinandersetzung der tätigkeitszentrierten Auffassung des Interessenbegriffs und der daraus resultierenden Auswirkungen auf das Verständnis von intrinsischer Motivation und Involviertheit siehe Rheinberg 2010, S. 369–370).

Selbstbestimmungstheorie

Die Selbstbestimmungstheorie bietet neben den bisher beschriebenen primär kognitiv-handlungstheoretischen Ansätzen zur Erklärung der Motivation eine Perspektive, die die Bedeutung der Lerninhalte für die Bildung des Selbstkonzepts sowie der Identität und Auswirkungen der

Selbstbestimmung in den Vordergrund rückt. Das individuelle Selbst ist gemäß dieser Theorie die zentrale Steuerungseinheit autonomen und selbstbestimmten Handelns (Krapp et al. 2014, S. 202–203). Besondere Bedeutung erfahren im Kontext dieser Theorie die drei zentralen Grundbedürfnisse Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit, die als zentrale Steuerungssysteme menschlichen Verhaltens und Erlebens aufgefasst werden, wobei die Autonomie die Selbstbestimmung im eigentlichen Sinn meint. Die Person erlebt sich dabei als eigenes Handlungszentrum mit eignen festgelegten Zielen und resultierenden Tätigkeiten. Kompetenzerleben meint die empfundene Wirksamkeit des Handelns, wobei Anforderungen möglichst eigenständig bewältigt werden sollen. Die soziale Eingebundenheit bezieht sich auf die Akzeptanz und Anerkennung des eigenen Handelns in Interaktion mit anderen Lernenden oder Lehrenden. Dieses Verständnis ist als Teiltheorie der basalen psychologischen Bedürfnisse in die Selbstbestimmungstheorie integriert (Vansteenkiste et al. 2010, S. 131; Krapp et al. 2014, S. 204).

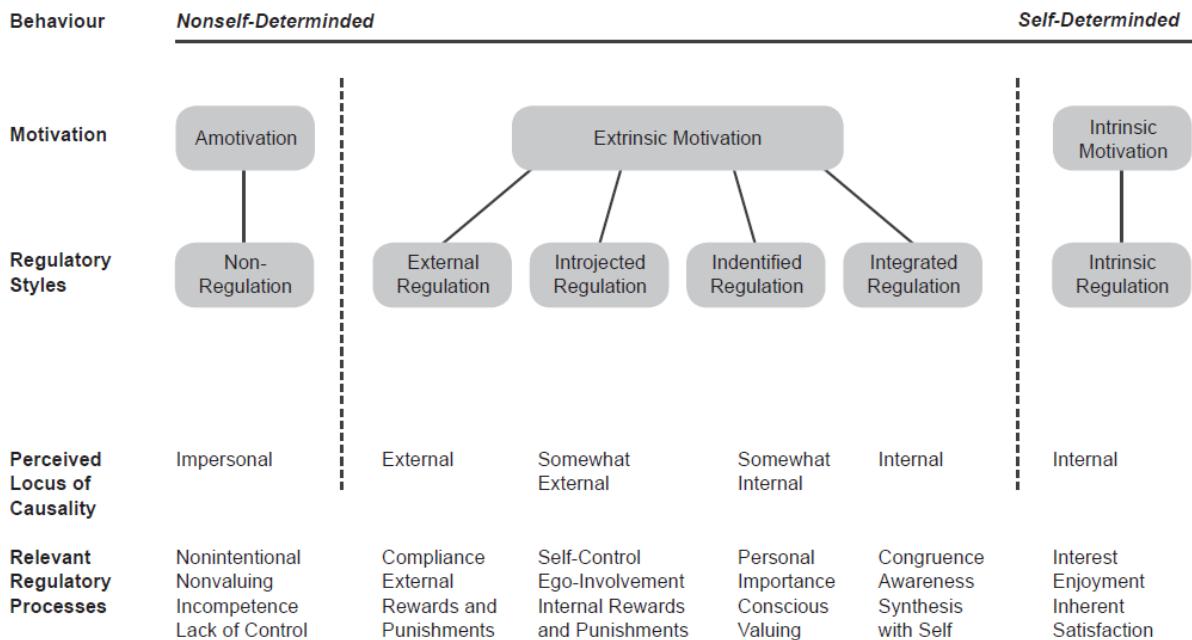


Abbildung 18: Selbstbestimmungskontinuum des subjektiv empfundenen Ursprungs der Motivation und zugehörigen Regulationsprozessen (angepasst nach Ryan und Deci 2000, S. 72 und Küfner 2010, S. 104)

Von zentraler Bedeutung ist der Bestandteil der organismischen Integrationstheorie, der in Abhängigkeit des Grads der Autonomie und somit Selbstbestimmung unterschiedliche Motivationstypen definiert, die von nicht regulierten amotivierten Handlungen, über vier unterschiedliche Stufen extrinsisch regulierter Motivation bis zur intrinsischen Motivation reichen (siehe Abbildung 18). Eine zentrale Voraussetzung für das Verständnis dieses Selbstbestimmungskontinuums ist die Abgrenzung intrinsischer und extrinsischer Motivation (Ryan und Deci 2000, S. 72; Küfner 2010, S. 103–104). Intrinsische Motivation bezeichnet ein inhärentes Bedürfnis nach individuellem Wachstum, bei dem eine Handlung mit vollem Engagement und

Aufgehen in der Tätigkeit ausgeführt wird. Diese Motivationsform wird als langanhaltend aufgefasst, mit hoher persönlicher Relevanz und zur Förderung persönlichen Wachstums. Sie zielt insbesondere auf die Befriedigung der Grundbedürfnisse nach Autonomie und Kompetenz ab und manifestiert sich in der Selbstbestimmungstheorie als kognitive Evaluationstheorie (Vansteenkiste et al. 2010, S. 106–108). Positive Emotionen stellen sich bei dieser Motivationsform aufgrund der Handlung an sich ein. Sie stellt daher einen hinreichenden Tätigkeitsanreiz dar. Im Lernkontext korreliert intrinsische Motivation mit der Verwendung von Lernstrategien, die auf eine tiefe Verarbeitung des Lernmaterials abzielen und eine persönliche Relevanz dieser Inhalte betonen, was wiederum zu einem Gefühl selbstbestimmten Lernens führt (Schiefele und Schaffner 2015, S. 169–170; Krapp et al. 2014, S. 194). Prädiktoren zur Erfassung intrinsischer Motivation können z.B. Interesse oder Vergnügen, wahrgenommene Kompetenz und Wahlfreiheit sein (Wilde et al. 2009, S. 35). Kritisch betrachtet wird die Gleichsetzung von intrinsischer Motivation mit selbstbestimmtem, autonomem Verhalten von Rheinberg, der dies als zu starke Vereinfachung bezeichnet (für eine ausführliche kritische Auseinandersetzung siehe Rheinberg 2010, S. 368–369).

Extrinsische Motivation meint eine zweckgebundene Sichtweise, bei der das Erzielen erwünschter Resultate, z.B. das Bestehen einer Klausur, im Vordergrund steht und die Handlungsausführung somit eine instrumentelle Funktion hat. Gemäß den vier unterschiedlichen Regulationsstufen (siehe Abbildung 18) kann extrinsische Motivation jedoch auch zu einem gewissen Grad selbstbestimmt sein. Das Ausmaß der Internalisierung ist dabei ein entscheidendes Unterscheidungskriterium, das in den folgenden vier Differenzierungsstufen resultiert (Vansteenkiste et al. 2010, S. 114–116; Ryan und Deci 2009, S. 176–177):

- Externe Regulation ist die am wenigsten autonome Form extrinsischer Motivation, bei der Personen durch Belohnungserwartungen oder Vermeidung negativer Konsequenzen motiviert werden. Eine Internalisierung findet noch nicht statt.
- Introjizierte Regulation bezeichnet eine Motivation zur Entsprechung einer internalen Notwendigkeit (z.B. Stolz oder Selbstwertgefühl) oder Vermeidung negativer Emotionen (z.B. Scham oder Schuld). Eine geringe Form der Internalisierung findet statt in Form eines eigenständigen Handlungsziels, jedoch ohne Identifikation mit diesem.
- Identifizierte Regulation meint, dass persönlicher Wert, Relevanz des Verhaltens und Wahlmöglichkeiten bei der Ausführung erkannt werden. Internalisierung erfolgt durch eine Identifikation mit dem Wert des Zielverhaltens und Akzeptanz der Tätigkeit als selbst gewählte Handlung.
- Integrierte Regulation meint die Integration identifizierter Werte und Ziele in andere Aspekte des Selbst und ist der letzte Teilschritt vor der vollständigen Internalisierung der intrinsischen Motivation.

Die ersten beiden Regulationsstile werden als kontrolliert und die anderen beiden bereits als stärker autonom aufgefasst. Integrierte Regulation und intrinsische Motivation werden hauptsächlich durch das fehlende individuelle Interesse unterschieden, da bei dem extrinsischen Regulationsstil noch immer eine zweckgebundene Zielerreichung als Auslöser der Handlung vorliegt. Insgesamt müssen sich intrinsische und extrinsische Motivation jedoch nicht ausschließen, sondern können je nach Situation und Lerngegenstand in unterschiedlicher Ausprägung auftreten (Ryan und Deci 2009, S. 177; Schiefele und Schaffner 2015, S. 155). Das Grundbedürfnis der Autonomie wächst mit zunehmender Internalisierung, was wiederum die Einstellung gegenüber eigenen Lernanstrengungen sowie das Interesse und die Wertschätzung der Lernhandlung beeinflusst (Küfner 2010, S. 105; Ryan und Deci 2000, S. 73). Die verschiedenen Stufen extrinsischer Motivation werden als Entwicklungsstadien aufgefasst, die nicht zwingend komplett und in der veranschaulichten Reihenfolge durchlaufen werden müssen. Rheinberg merkt ferner kritisch an, dass die höheren Regulationsstufen nur noch schwer von der eigentlichen intrinsischen Motivation unterschieden werden können (Schiefele und Schaffner 2015, S. 158–159; Rheinberg 2010, S. 368). Teilweise wird daher im Kontext der Selbstbestimmungstheorie nicht mehr von einer klaren Trennung zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation gesprochen, sondern lediglich zwischen kontrollierter und autonomer Motivation unterschieden. Der subjektiv beigemessene Wert einer Lernaktivität ist dahingehend ein wichtiger Prädiktor bei der Verhaltensausrichtung (Vansteenkiste et al. 2010, S. 118; Ryan und Deci 2009, S. 191).

Die Selbstbestimmungstheorie beinhaltet zudem noch weitere Untertheorien, die z.B. Zielsetzungen oder die Ursachen von Verhaltensinitiierungen beschreiben sowie auf das Konzept der Amotivation als völlig abwesende Intentionalität eingehen (für eine umfassende Betrachtung der insgesamt fünf Subtheorien der Selbstbestimmungstheorie siehe Vansteenkiste et al. 2010). Selbstbestimmung und das Empfinden eigener Kompetenz spielt für die selbstregulierten Lernsettings im E-Learning Kontext eine zentrale Rolle. Kompetenzerleben hängt dahingehend vor allem von individuellen, situationsspezifischen Wirksamkeitseinschätzungen ab, das heißt Anforderungen sollen selbstständig zu bewältigen sein (Krapp et al. 2014, S. 204).

Selbstwirksamkeitserwartung

Das Konzept der Selbstwirksamkeit basiert auf der sozial-kognitiven Theorie von Bandura, die ein dynamisches Zusammenspiel von personen-, verhaltens- und umweltbezogenen Variablen postuliert. Selbstwirksamkeit wird in diesem Zusammenhang als Personenfaktor aufgefasst, wobei das personenspezifische Verhalten die Handlungen in Leistungssituationen, z.B. Aufgabenwahl, Ausdauer oder Anstrengungsbereitschaft, beeinflusst (Schunk und Usher 2011, S. 282; Bandura 1986). Gemäß der sozial-kognitiven Theorie kann die Selbstwirksamkeit durch das Ergebnis von Verhaltensweisen und durch Umweltfaktoren, wie Feedback oder die Eigenschaften der Lernumgebung, beeinflusst

werden. Die personenspezifische Beurteilung der Selbstwirksamkeit geschieht primär auf Basis des eigenen Leistungsvermögens sowie durch den Vergleich mit Anderen. Weiterhin spielen soziale Überzeugungen, z.B. Ermuntern und Zuspruch durch die Eltern in schulischen Kontexten, sowie physiologische und affektive Zustände bei herausfordernden Aktivitäten eine Rolle zur Ausbildung einer Selbstwirksamkeitserwartung (Schunk und Pajares 2009, S. 36–37; Klassen und Usher 2010, S. 3). Selbstwirksamkeit ist von der Ergebniserwartung kognitiver Motivationsmodelle dahingehend abzugrenzen, dass nicht das Resultat der Lernhandlungen per se im Fokus steht, sondern die Erwartungen aufgrund persönlicher Fähigkeiten zur Organisation und Ausführung von Handlungen. Selbstwirksamkeit ist dahingehend ein Prädiktor für motivierte Handlungen sowie die Wahl geeigneter Lernstrategien (Zimmerman 2011, S. 53–54; Klassen und Usher 2010, S. 5). Das Konstrukt zielt auf die Bewertung eigener Fähigkeiten und das Schaffen eines Anreizes zur Transformation dieser Fähigkeiten in konkrete Handlungen ab (Schunk und Pajares 2009, S. 39–40). Selbstwirksamkeit kann ähnlich zum Interessenbegriff als dispositionelles oder situationsspezifisches Merkmal aufgefasst werden.

Die Selbstwirksamkeitserwartung ist ferner die subjektive Erwartungshaltung einer Person, fähig zu sein, spezifische Handlungen ausführen zu können, um gesetzte Ziele zu erreichen. Die dahingehend wirksamen Überzeugungen resultieren in einer zielbezogenen, kontextspezifischen und zukunftsorientierten Beurteilung eigener Kompetenz, die zudem aufgabenabhängig wirksam ist. Es besteht eine konzeptionelle Überschneidung zur Handlungs-Ergebnis-Erwartung des erweiterten kognitiven Motivationsmodells aus Abschnitt 3.1.3. Die Stärke der resultierenden aktuell wirksamen Motivation wird entscheidend von der Selbstwirksamkeitserwartung beeinflusst (Schiefele und Urhahne 2000, S. 184–185; Schunk und Pajares 2009, S. 40). Im Lernkontext führt eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung zur Wahl anspruchsvoller, herausfordernder Aufgaben. Darüber wird die eigene Fähigkeitseinschätzung bei Aufgabenstellungen, die durch Lehrende vorgegebenen werden, unterstützt (Klassen und Usher 2010, S. 6–7). Wichtige Determinanten sind domänen spezifisches Vorwissen und Vorerfahrungen in Lernkontexten (für eine ausführliche Betrachtung der Potenziale der Selbstwirksamkeit in Bildungskontexten siehe Schunk und Pajares 2009, S. 41–50). Im Untersuchungsschwerpunkt E-Learning ist das Konzept der Selbstwirksamkeit ein bedeutsamer Personenfaktor, insbesondere aufgrund der differenzierten Verflechtungen mit motivationalen und leistungsbezogenen Aspekten einer selbstregulierten Lernhandlung (Klassen und Usher 2010, S. 26).

Technologieakzeptanz

Eine Definition des Akzeptanzbegriffs im E-Learning Kontext kann entsprechend der Analysen und Zusammenfassungen verschiedener Begriffsbestimmungen von Olbrecht wie folgt vorgenommen werden:

„Akzeptanz beinhaltet demzufolge eine relativ dauerhafte kognitive und affektive Wahrnehmungskomponente, gekoppelt mit einer positiven Reaktionsbereitschaft gegenüber den E-Learning Systemen (Einstellungsebene) sowie eine Verhaltenskomponente, die eine tatsächliche Nutzung des Systems impliziert (Verhaltensebene).“ (Olbrecht 2010, S. 20)

Akzeptanz wird dahingehend anwendungsspezifisch als Prozess von der Kenntnisnahme bis zur absichtsvollen Nutzung einer Technologie aufgefasst, bestehend aus den Komponenten Einstellung und Verhalten. Einstellungskomponenten sind nicht unmittelbar beobachtbar und bestehen aus affektiven und kognitiven Anteilen. Verhaltenskomponenten beziehen sich auf eine direkt sichtbare Aktivität im Umgang mit einer Technologie, wobei ein Zustandekommen der Nutzungsbereitschaft von einer positiven Einstellungsakzeptanz bedingt wird (Küfner 2010, S. 133; Müller-Böling und Müller 1986, S. 25–27). Eine Übersicht geeigneter Akzeptanzmodelle im Kontext von Bildungs- und Wissensmedien gibt Küfner, wobei für diese Systeme insbesondere der Grad der Beteiligung der Benutzer als bedeutsam aufgefasst wird (Küfner 2010, S. 137; Simon 2001, S. 88). Eines der geläufigsten Modelle zur Beschreibung der Akzeptanz technischer Systeme ist das Technologieakzeptanz von Davis (siehe Abbildung 19) (Davis 1985), das im Kontext des Vorhabens ebenfalls als geeignete Beschreibung der Nutzungsbereitschaft identifiziert wurde. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Modell die Intention als unmittelbarer Prädiktor der eigentlichen Nutzung und des damit einhergehenden Akzeptanzverhaltens. Sie ist die eigentliche Nutzungsabsicht und besteht aus den beiden kognitiven Faktoren wahrgenommene Bedienbarkeit und wahrgenommener Nutzen, die wiederum von externen Variablen, z.B. konkreten Designaspekten des Bezugssystems, beeinflusst werden.

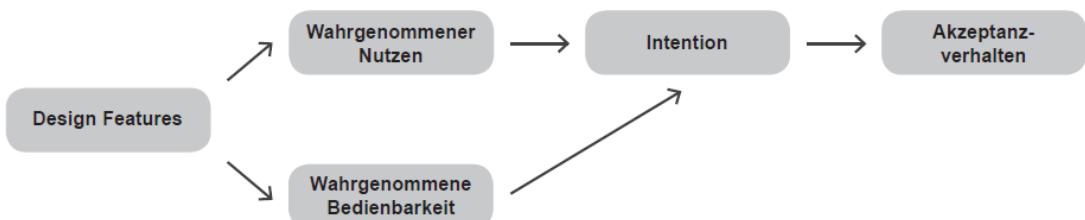


Abbildung 19: Technologieakzeptanzmodell nach Davis (angepasst nach Olbrecht 2010, S. 24 und Davis 1989)

Das Modell ist situationsabhängig und Akzeptanz sowie resultierendes Verhalten stellen sich zumeist durch eine mehrfache Nutzung eines Systems ein. Die Intention steht diesem Akzeptanzverhalten als Prognosefaktor voran. Der wahrgenommene Nutzen veranschaulicht die personenspezifische Überzeugung, dass die Nutzung eines Systems die eigene Arbeitsleistung steigern kann. Die wahrgenommene Bedienbarkeit spiegelt insbesondere die Benutzerfreundlichkeit eines Systems wider und berücksichtigt körperliche und geistige Anstrengungen, die im Umgang damit aufgewendet werden müssen (Olbrecht 2010, S. 26–30; Davis 1989, S. 324). Erweitert werden kann die Betrachtung

zudem um soziale Einflussfaktoren, wie Compliance, Identifikation oder Internalisierung. Die Akzeptanz einer Technologie kann daraus resultieren, dass ein Benutzer bei entsprechendem Nutzungsverhalten Belohnungen erfährt, soziale Beziehungen aufrechterhält oder die Benutzung mit dem eigenen Wertesystem in Einklang bringt (Küfner 2010, S. 141). Die Eignung des Modells im E-Learning Kontext resultiert primär aus der gleichzeitigen Berücksichtigung von Systemnutzen und Bedienbarkeit sowie der Offenheit für die Analyse einer Vielzahl von Akzeptanzobjekten im Kontext internetbasierter Lernanwendungen. Olbrecht argumentiert zudem, dass eine Vielzahl etablierter Akzeptanzmodelle im Kern auf dem Davis-Modell beruht (Olbrecht 2010, S. 79–80). Einen Überblick über Faktoren zur Akzeptanz von E-Learning Angeboten liefert Kreidl in Form der Gewährleistung verständlicher Inhalte, Problemstellungen und Lernanlässe, Rückmeldungen sowie Kommunikation und Kooperation. Neben diesen lernspezifischen Aspekten werden technologiespezifische unterstützende Maßnahmen, wie technische Umsetzung, Freiwilligkeit der Nutzung und Schaffen von Nutzungsanreizen diskutiert (für eine Übersicht und Diskussion der Akzeptanzfaktoren von E-Learning siehe Kreidl 2011). Eine Akzeptanz sollte weiterhin von Seiten der Lernenden und der Lehrenden gewährleistet sein, wobei zudem die Integration von E-Learning Angeboten in konkrete Lernsituationen zu berücksichtigen ist, z.B. als gezielte Ergänzung zu Präsenzveranstaltungen (Küfner 2010, S. 157–158).

3.2.2 Situationsfaktoren

Situationsfaktoren umfassen vorrangig Charakteristiken der Lernaufgabe, z.B. Inhalte, Struktur oder Schwierigkeitsgrad, sowie die soziale Umgebung der Lernenden (Rheinberg et al. 2000, S. 504–506). In selbstregulierten Lernsettings ist zudem das wegfallende externe Regulationssystem, z.B. durch Instruktionen von Lehrenden, zu beachten, weshalb dem Instruktionsdesign einer Lernplattform eine besondere Bedeutung zukommen sollte (Rheinberg und Fries 1998, S. 170). Unter Berücksichtigung des Schwerpunkts Lernmotivation wird daher ein von Zander und Heidig als geeignet aufgefasstes Modell zur Erklärung didaktischer Designentscheidungen und deren Einfluss auf die aktuelle Motivation beschrieben, das sich zudem für die Ableitung spezifischer Gestaltungsanforderungen von Lernplattformen anbietet (Zander und Heidig 2018, S. 11). Weiterhin wird die Lernumwelt Hochschule als Anwendungsbereich des Fallbeispiels beschrieben.

Modell des motivationalen Instruktionsdesigns

Instruktionsdesign unter Berücksichtigung motivationaler Gesichtspunkte, kurz Motivationsdesign, soll Lernhandlungen aktivieren, Lernende beim Setzen angemessener Ziele unterstützen und Lernaktivitäten aufrechterhalten (Niegemann et al. 2008, S. 370). Dahingehend spielte insbesondere die Forschungsarbeit von Keller eine zentrale Rolle, die Konzepte, Theorien und Prozessmodelle zur

Beschreibung der Lernmotivation sowie etablierte Praktiken und Designprozesse aus dem Bereich Instruktionsdesign zusammenführte, um die Motivation von Lernenden zu fördern (Keller 2010, S. 22–24). Grundlage dafür bildet das Makromodell zur Beschreibung von Motivation, Lernen und Leistung (siehe Abbildung 20). Die mittlere Zeile des Modells beschreibt die messbaren Ausgangsgrößen der Motivation und Leistung. Die obere Zeile befasst sich mit personenspezifischen psychischen Charakteristiken, die die Faktoren Motivation, Lernen und Leistung beeinflussen, z.B. Neugier, Erwartungen, Motive, Wissen oder Fähigkeiten. Die untere Zeile beschreibt Umwelteinflüsse, die die Ausgangsgrößen der Motivation und Leistung bedingen. Dies sind vor allem Designaspekte einer Lernumgebung (Keller 2008, S. 82–83).

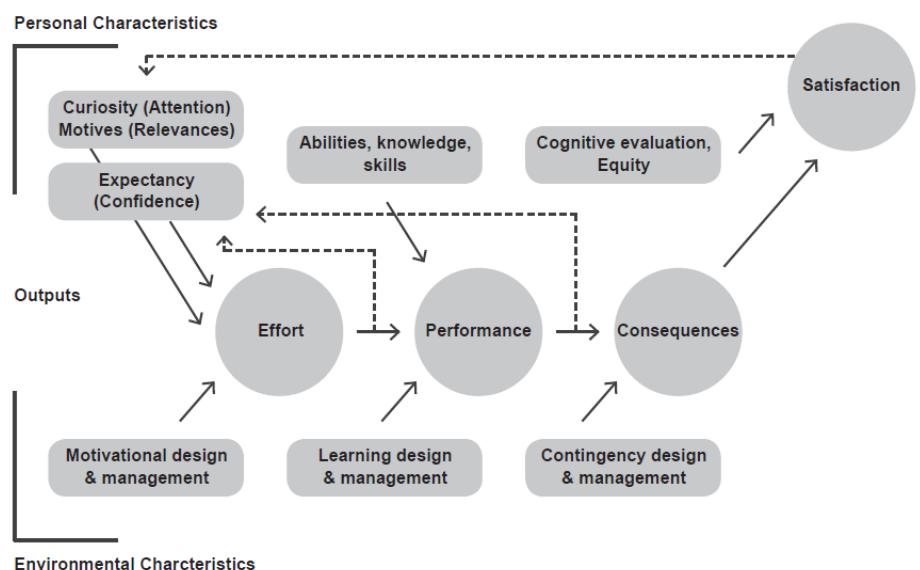


Abbildung 20: Makromodell zur Beschreibung von Motivation, Lernen und Leistung (angepasst nach Keller 2008, S. 83)

Die Wechselbeziehung zwischen Personen- und Situationsfaktoren spiegelt sich somit auch in Kellers Verständnis von Motivation wider. Eine wichtige konzeptuelle Grundlage stellten ferner die Erwartungs-mal-Wert-Theorien der Leistungsmotivation dar (siehe Abschnitt 3.1.3). Das Modell wurde von Keller in späteren Iterationen um Aspekte der Volition erweitert und um weitere Theorieansätze, z.B. das Rubikonmodell der Handlungsphasen, ergänzt. Da Volition im Kontext des Vorhabens nicht berücksichtigt wurde, wird diese Modellerweiterung nicht näher erläutert (für eine Übersicht siehe Keller 2008 und Astleitner et al. 2006). Aus dem Motivationsmodell resultierte letztendlich Kellers eigentliche Theorie zur Beschreibung des Motivationsdesigns unter Berücksichtigung der vier Hauptfaktoren Aufmerksamkeit (Attention), Relevanz (Relevance), Erfolgszuversicht (Confidence) und Zufriedenheit (Satisfaction) (ARCS). Diese übergeordneten Kategorien enthalten zahlreiche Subkategorien und konkrete Strategien, die als Handlungsempfehlungen zur Gestaltung von Präsenzlehre oder multimedialen Lernangeboten genutzt werden können (für eine Übersicht im Bereich multimediales Lernen siehe Zander und Heidig 2018, S. 12–20 und Niegemann et al. 2008, S.

371–380). Die vier Hauptkategorien werden allgemein wie folgt beschrieben (Keller 2010, S. 44–46; Niegemann et al. 2008, S. 370):

- Aufmerksamkeit – Motivationale Variablen zur Stimulation und Aufrechterhaltung von Neugier und Interesse des Lernenden. Der Fokus liegt auf dem Lenken und Überwachen der Aufmerksamkeit durch gezielte Hinweise, Vorschläge oder sonstige Stimuli.
- Relevanz – Überzeugung des Lernenden von der persönlichen Relevanz des Lernerlebnisses, indem wichtige persönliche Ziele oder Motive gezielt adressiert werden. Die Nützlichkeit des Lernmaterials und die Befriedigung personenspezifischer Bedürfnisse werden betont.
- Erfolgszuversicht – Voraussetzung für das Empfinden der Relevanz, indem Lernende ausreichend zuversichtlich hinsichtlich des Erfolgs und der Kontrolle über den Lernprozess sind. Der Lernprozess ist frei von themen- oder fähigkeitsspezifischen Ängsten oder Sorgen.
- Zufriedenheit – Kombination aus extrinsischen (z.B. Noten, Zertifikate, Belohnungen) oder intrinsischen Faktoren (z.B. Selbstbewusstsein, positive Erfahrungen in der Interaktion mit anderen Lernenden, Meistern von Herausforderungen). Die eigene Leistung kann mithilfe angemessener Feedbackmechanismen eingeschätzt werden.

Aus diesem Modell kann letztendlich ein systematischer Prozess zum Design motivationsförderlicher Lernumgebungen oder Lernmaterialien für Präsenzkontexte und multimediales Lernen abgeleitet werden. Dies wird von Keller primär als Problemlösungsprozess aufgefasst. Die aus dem Modell abgeleiteten Handlungsempfehlungen und Designprozesse können auf den für das Vorhaben bedeutsamen Kontext des adaptiven Lernens übertragen werden. Motivational adaptive technikgestützte Instruktion sollte situations- und personenspezifisch angemessene Strategien zur Vermittlung des Zwecks, Typs und Umfangs der Anpassung anbieten. Dahingehend können motivationale Strategien implementiert werden, um Motivationseinbrüchen entgegenzuwirken. Diese sollten zudem vorübergehend deaktivierbar sein, wenn der Lernende bereits motiviert ist. Im Zentrum der Anpassung können die Leistung des Lernenden, Feedbackmechanismen zur Einschätzung der Qualität der Lernaktivitäten, Erhebungen vor dem eigentlichen Lernen (z.B. in Form eines adaptierbaren Systems, siehe Abschnitt 2.2.3) oder fortlaufende Erhebungen der aktuellen Motivation stehen (z.B. in Form eines adaptiven Systems, siehe Abschnitt 2.2.4) (Song und Keller 2001, S. 6–7; Astleitner und Keller 1995).

Lernumwelt Hochschule

Die Lernumwelt Hochschule fokussiert sich im Gegensatz zu schulischem Lernen stärker auf selbstständiges Lernen und ist in Form von Lehrveranstaltungen organisiert, deren Zuhörerzahl sich häufig deutlich von Schulklassen unterscheidet, z.B. Vorlesungen mit höheren Zuhörerzahlen oder spezialisierte Lehrveranstaltungen mit sehr viel geringeren Zuhörerzahlen. Darüber hinaus ist die

Hochschule geprägt von interdisziplinären Bildungsangeboten, wobei Studierende auf Basis ihrer spezifischen fachlichen, kognitiven, motivationalen, affektiven und sozialen Voraussetzungen ihr Studium individuell durchlaufen (Braun et al. 2014, S. 434). E-Learning Angebote können dahingehend im Hochschulkontext flexibel eingesetzt werden, um z.B. orts- und zeitunabhängiges Lernen zu ermöglichen und die selbstständige Wissenskonstruktion zu unterstützen (Kreidl 2011, S. 15). Die Lernumwelt Hochschule kann in verschiedene Systemebenen unterteilt werden, bei denen jeweils eine Strukturdimension (z.B. Lernvoraussetzungen, grundlegende Organisationsformen), eine Prozessdimension (die eigentlichen Lern- und Lehrprozesse) sowie eine Ergebnisdimension (z.B. Bewertung der Studienleistungen sowie des Systems Hochschule an sich) zu berücksichtigen sind (Braun et al. 2014, S. 435):

- Makroebene – lokaler und regionaler gesellschaftlicher Kontext, z.B. Unterschiede im Bildungssystem auf nationaler oder internationaler Ebene
- Exoebene – spezifische Bedingungen einer Hochschule als Bildungsinstitution, z.B. Unterschiede zwischen Universitäten und Fachhochschulen
- Mesoebene – spezifische Lehrmerkmale und Studienbedingungen von Studiengängen unterschiedlicher Wissenschaftsdomänen
- Mikroebene – spezifische Merkmale und Voraussetzungen unterschiedlicher Studienfächer oder Lehrveranstaltungen
- Individualebene – spezifische Voraussetzungen und Interaktionen zwischen Lernenden und Lehrenden innerhalb der Lehrveranstaltungen

Eine wichtige Rolle auf den unteren Systemebenen spielt die Qualität der Lehre. Zu beachten ist hierbei die Prozessqualität in Form der Strukturierung des Arrangements des Lernprozesses (strukturierte, regulierte Veranstaltungsdurchführung), der gegenseitigen Unterstützung der Beteiligten, der gemeinsamen Orientierung (geteilte Wert- und Normvorstellungen von Lehrenden und Lernenden) und der Herausforderung (Kompromiss zwischen fairer und herausfordernder kognitiver Aktivierung). Weiterhin ist die didaktische Gestaltung der Lehre ein wichtiger Qualitätsindikator. Das selbstregulierte Lernen, eine angemessene kognitive Auseinandersetzung mit Studieninhalten, kooperatives Arbeiten und die Nutzung verschiedener Medienkanäle zur Informationsvermittlung sollten adressiert werden (Braun et al. 2014, S. 438–439). E-Learning Angebote können dahingehend insbesondere innere Lernaktivitäten, wie Nachvollziehen und Verarbeiten von Informationen und die Organisation von Wissensstrukturen unter motivationalen und emotionalen Gesichtspunkten positiv beeinflussen und zudem dazu genutzt werden, individuelle Voraussetzungen, z.B. domänenspezifisches Vorwissen oder fachspezifische Interessen, zu verbessern. Wichtig bleibt auch in diesen Kontexten der fortlaufende Austausch zwischen Lehrenden und Lernenden, da

Präsenzangebote nicht ersetzt, sondern weiterentwickelt und angereichert werden sollen (Braun et al. 2014, S. 439; Arnold et al. 2018, S. 435).

Bei der Gestaltung von Lernangeboten sollte im Hochschulkontext generell berücksichtigt werden, dass Studierende im Vergleich zur Gesamtbevölkerung meist ein vorhandenes domänenspezifisches Vorwissen sowie hohe kognitive Grundfähigkeiten und Interesse für einen gewählten Studiengang mitbringen. Aus diesem Grund sollte die Inhaltsgestaltung kompetenzorientiert erfolgen, um vielfältige fachliche, methodische und soziale Kompetenzen erwerben zu können und anhand definierter Lernziele strukturiert werden. Weiterhin sollte problembasiertes und kooperatives Lernen, z.B. anhand von Fallstudien oder semesterbegleitenden Projektarbeiten, gefördert werden. Besondere Bedeutung hat zudem das selbstregulierte Lernen, das auch aufgrund größerer Wahlfreiheiten im Vergleich zum schulischen Lernen relevant ist (Braun et al. 2014, S. 448–449). Das Lernen mit Medien sollte treffend in bestehende Lernkontakte integriert werden, sodass ein Mehrwert für Lehrende und Lernende entstehen kann. Dies ist zudem eine wichtige Voraussetzung der in Abschnitt 3.2.1 beschriebenen Technologieakzeptanz, wobei nicht von einer sich automatisch einstellenden Lernmotivation durch das bloße Bereitstellen von E-Learning Angeboten auszugehen ist, sondern eine angemessene Integration durch die Anpassung von Bildungsstrukturen und -methoden angestrebt werden sollte. Potenziale ergeben sich darüber hinaus hinsichtlich des Erreichens einer großen Teilnehmerzahl bei überschaubarem Betreuungsaufwand. (Olbrecht 2010, S. 8–10). Akzeptanz und Bereitschaft der Nutzung sollte daher vorrangig auf der Individualebene der Lehrenden und Lernenden bestehen, wobei die Qualitätserwartung einer kompetenzorientierten Lehre und die allgemeine Studienzufriedenheit von Bedeutung sind (Kreidl 2011, S. 10; Braun et al. 2014, S. 452).

3.2.3 Aspekte aktueller Motivation

Die Aspekte der aktuellen Motivation umfassen gemäß dem Prozessmodell der Lernmotivation (siehe Abschnitt 3.2) insbesondere die bereits im Rahmen des erweiterten kognitiven Motivationsmodells von Rheinberg (siehe Abschnitt 3.1.3) benannten Erwartungstypen und Anreizfaktoren sowie die sich auf Basis der Lernintention ergebende quantitative und qualitative Ausprägung der Lernmotivation. Für die Lernintention entscheidend sind zudem konkrete Zielsetzungen (Engeser 2005, S. 51–52). Entsprechend der Zielorientierung wird primär zwischen Leistungszielen oder Ich-Orientierung (leistungsorientierte Betrachtung, die den Wettbewerb mit anderen Lernenden betont) und Lernzielen oder Aufgabenorientierung unterschieden (leistungsorientierte Betrachtung, die den Kompetenzerwerb und individuellen Lernfortschritt betont). Darüber hinaus besitzen beide Zieltypen in Übereinstimmung mit der Konzeption der Leistungsmotivation Annäherungs- und Vermeidungsaspekte (Schiefele und Schaffner 2015, S. 164–165). Zur Bestimmung der Ausprägung der

aktuellen Lernmotivation leistete insbesondere die Arbeit von Rheinberg et al. einen wichtigen Beitrag. In diesem Zusammenhang wurden die Faktoren situatives Interesse, Herausforderung, Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung als bedeutsam für Lern- und Leistungssituationen identifiziert. Das Interesse bezieht sich dahingehend auf situationsspezifische Anreize während des Lernens und die Herausforderung auf eine Reflexion der kompetenzbezogenen Selbstbewertung in Folge eines Lernergebnisses. Die Faktoren Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung stehen für hohe oder niedrige Ausprägungen der Handlungs-Ergebnis-Erwartung des erweiterten kognitiven Motivationsmodells (Rheinberg et al. 2001, S. 4–6; Rheinberg et al. 2000, S. 520–521). Die Möglichkeiten zur Operationalisierung aktueller Motivation im Kontext der Evaluation einer E-Learning Plattform mithilfe der Forschung von Rheinberg et al. werden in Abschnitt 5.1.1 im Detail erläutert.

3.2.4 Vermittlungsgrößen aktueller Motivation

Die Klassifikation von Vermittlungsgrößen und deren Auswirkungen auf die Beziehung zwischen aktueller Motivation und Lernresultaten ist fortlaufender Gegenstand der Forschung. Generell kann zwischen den Wirkungsdimensionen Lerndauer und -häufigkeit, Qualität der Lernaktivitäten und dem funktionalen Zustand des Lernenden während des Lernprozesses unterschieden werden (Rheinberg und Fries 1998, S. 171). Wichtige Kenngrößen zur Beschreibung der Qualität der Lernhandlung sind der Einsatz von Lernstrategien zur systematischen Bearbeitung einer Aufgabenstellung und die aufgewendete Lernzeit (Engeser 2005, S. 52–53). Der Funktionszustand kann aus motivationaler, affektiver und kognitiver Perspektive betrachtet werden. Motivationale und affektive Aspekte eignen sich zur Erklärung des Aufgabenbearbeitungsprozesses, wobei insbesondere Aktivierungszustände eine wichtige Rolle spielen (Bachmann 2009, S. 52–53). Aufgrund konzeptioneller Überschneidungen zwischen Emotionsbeschreibungen mittels Aktivierungs- und Valenzzuständen und der Motivationsdefinition nach Rheinberg wird nachfolgend das emotionale Befinden als zentrale Vermittlungsgröße beschrieben (Rheinberg 2010, S. 376). Die kognitive Komponente des Funktionszustands bezieht sich vorrangig auf die Konzentration während des Lernens sowie die daraus resultierende Hingabe bezüglich der Aufgabenbearbeitung (Rheinberg et al. 2000, S. 506).

Emotion und Motivation sowie deren Förderung werden im Lernkontext häufig interdependent betrachtet. Emotionen werden analog zu Motivation oftmals in multikomponentiellen Prozessmodellen beschrieben, bei denen Anpassungsreaktionen auf spezifische Stimuli im Vordergrund stehen, die eine Person als bedeutsam für das eigene Befinden einschätzt (Zentner und Scherer 2000, S. 151). Das emotionale Befinden wird als möglicher Indikator für die aktuelle Ausprägung der Motivation einer Person angesehen, was wiederum die Aufgabenbearbeitung und

Lernleistung beeinflussen kann (Engeser 2005, S. 47). Entsprechend des Begriffsverständnisses von Scherer ist Motivation als Handlungstendenz zur Vorbereitung und Ausrichtung des Verhaltens ein explizit benanntes organismisches Subsystem der Emotion. Sie wird ferner als Episode zusammenhängender, synchronisierter Veränderungen der Zustände in den fünf organismischen Subsystemen als Reaktion auf die Bewertung externer oder interner Stimuli aufgefasst (Scherer 2005, S. 698, 2001, S. 93). Im Lernkontext werden Emotionen häufig mithilfe dimensionaler Modelle veranschaulicht, die versuchen Emotionen mit möglichst wenigen globalen Dimensionen zu beschreiben und als Kreismodelle, den sogenannten Circumplex-Modellen, visualisiert werden (Schmidt-Atzert 2000, S. 31; Russell 1980). Die primären Emotionsdimensionen im Lernkontext sind für gewöhnlich die Valenz (z.B. positive oder negative Emotionen), der zeitliche Bezug (vergangenheits-, gegenwarts- oder zukunftsorientiert sowie von kurzer oder langer Dauer) und der Grad der Aktivierung oder Energetisierung affektiver Reaktionen (Wild et al. 2001, S. 215). Weiterhin kann ein Objektfokus berücksichtigt werden, der durch das Erleben der Lernsituation und die Bewertung von Lernergebnissen bestimmt wird (Krapp et al. 2014, S. 207). Eine Anpassung der verbreiteten zweidimensionalen kreisförmigen Struktur, bestehend aus Valenz und Aktivierung nehmen Watson und Tellegen in Form einer 45°-Drehung der Achsen und Aufteilung der Aktivierungsdimension in eine positive und negative Komponente vor (siehe Abbildung 21).

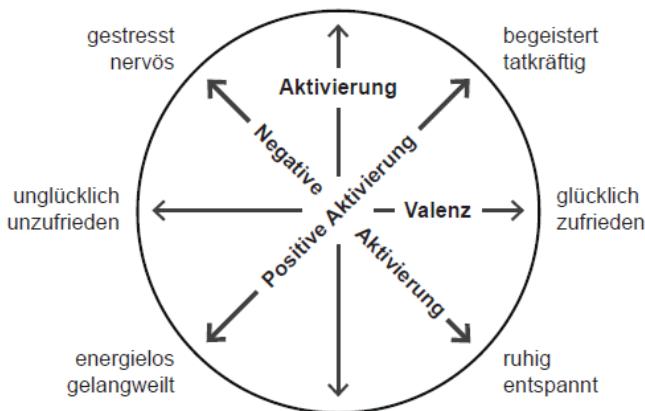


Abbildung 21: Circumplex-Modell der Emotionsdimensionen positive Aktivierung, negative Aktivierung und Valenz (angepasst nach Schallberger 2005, S. 13 und Watson und Tellegen 1985)

Positive und negative Aktivierung können dahingehend jeweils hohe und geringe Ausprägungen haben, die mit typischen der Abbildung zu entnehmenden emotionalen Zuständen einhergehen (Schallberger 2005, S. 13; Watson und Tellegen 1985). Hinsichtlich gegenseitiger Abhängigkeiten der Emotionsdimensionen liegt noch kein einheitliches Meinungsbild vor, wobei der Valenz eher eine übergeordnete bilanzierende Funktion zugeschrieben wird (für eine ausführliche Diskussion siehe Schallberger 2005, S. 16–19). Emotion und Motivation sind je nach Konzeption und berücksichtigter Modelle differenziert miteinander verflochten. Darüber hinaus lassen sich Rückschlüsse auf

Lernleistung oder die Anwendung von Lernstrategien ziehen. Untersuchungen wurden z.B. hinsichtlich der vorherrschenden subjektiven Zielorientierung und bestehenden Zusammenhängen zur Valenzdimension durchgeführt (für ausführliche Darstellungen siehe Linnenbrink 2007 sowie Kim et al. 2014).

3.2.5 Lernresultate

Die Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen Lernmotivation und Lernresultaten wird von der Art der Erfassung der Lernleistung bedingt. Ein wichtige Kenngröße ist in diesem Zusammenhang das Bezugssystem der Bewertung, das die Erkennbarkeit des Lernzuwachses beeinflusst (Rheinberg und Fries 1998, S. 172). In diesem Zusammenhang spielt die Bezugsnormorientierung der Lernenden eine Rolle, die in ihrer Typisierung konzeptionelle Überschneidungen zur Zielorientierung (siehe Abschnitt 3.2.3) aufweist. Differenziert werden kann dahingehend zwischen individueller (Leistungsbewertung eines Lernenden über einen definierten Zeitraum), sozialer (Leistungsbewertung im Vergleich mit anderen Lernenden über einen definierten Zeitraum) und sachlicher Bezugsnorm (kriterienbasierte Leistungsbewertung) (Engeser 2005, S. 30).

Lernergebnisse sollten im selbstregulierten E-Learning Kontext bei der Verwendung einer sachlichen Bezugsnorm stets überprüfbar und der Lernerfolg konkret feststellbar sein, wobei zusätzliche Kriterien, wie die Akzeptanz der Vermittlungsmethode oder der genutzten Technologie, die Qualität der Aufbereitung des Lernmaterials und die allgemeine subjektive Zufriedenheit des Lernenden ebenfalls von Bedeutung sind (Kerres 2013, S. 300–301). Dahingehend erweisen sich Lernprozesse zur Förderung eigener Lernerfahrungen sowie zur Verzahnung von Theorie und Praxis als vorteilhaft, wobei der Interessenaspekt und Engagement zur Überwindung von Diskrepanzen im Vordergrund steht. Dies wird zudem als bedeutsam für eine ausgeprägte Lernmotivation angesehen, im Gegensatz zu einem rein defensiv begründeten Lernen, das nur aufgrund externer Aufforderungen besteht (siehe exterale Regulation im Kontext der Selbstbestimmungstheorie in Abschnitt 3.2.1). Der Kompetenzbegriff wird dabei ganzheitlich aufgefasst, bestehend z.B. aus Selbst-, Sach- oder Sozialkompetenz und dient der lernkontextspezifischen Persönlichkeitsbildung (Arnold et al. 2015, S. 24–27). Übungs- oder Testaufgaben sollten in Lernprozessen unter Berücksichtigung sachlicher Bezugsnormen so gestaltet werden, dass die Anregung, Steuerung und Organisation von Denk- und Lernprozessen gefördert und konkrete Lernziele erreicht werden. In selbstregulierten Lernprozessen sollte zudem die angemessene Platzierung der Aufgaben zur Selbstüberprüfung bedacht werden. Die individuellen Voraussetzungen der Lernenden gilt es zu berücksichtigen, wobei zudem eine möglichst präzise Beschreibung des Aufgabeninhalts sowie der anzuwendenden Darstellungsformen und der kognitiven Operationen während der Bearbeitung der Aufgaben erforderlich sind (Niegemann et al. 2008, S. 311–312).

3.3 Selbstreguliertes Lernen

Die Nutzung von E-Learning in Bildungskontexten sowie das in Abschnitt 3.2 umfassend beschriebene Prozessmodell der Lernmotivation betonen das selbstregulierte Lernen, dessen Begriffsbestimmung und etablierte Modelle zur Beschreibung der Selbstregulation nachfolgend erläutert werden. Selbstreguliertes Lernen bezeichnet allgemein absichtsvolle Lernaktivitäten, die nicht unter tutorieller Kontrolle und Anweisung, sondern unter Anleitung des Lernenden selbst ausgeführt werden (Rheinberg et al. 2000, S. 503). Selbstregulation gilt neben der eigentlichen Lernmotivation als wichtige Determinante der Zielsetzung sowie -erreichung und meint ferner die Fähigkeit der zielgerichteten, absichtsvollen Steuerung und Ausrichtung der Gedanken, Emotionen und Handlungen (Zimmerman 2000, S. 14; Landmann et al. 2015, S. 46).

Als gemeinsame Bestandteile einer Vielzahl von Definitionsansätzen werden kognitive Komponenten (z.B. Informationsverarbeitung und die Anwendung von Lernstrategien), motivationale Komponenten (z.B. Aktivitäten zur Initiierung und Aufrechterhaltung des Lernens sowie Selbstwirksamkeitserwartungen) und metakognitive Komponenten (z.B. Anpassung des Lernverhaltens durch Planen, Selbstbeobachten und Reflektieren) angesehen (Landmann et al. 2015, S. 46; Boekaerts 2010, S. 71–72). Als Bezugspunkt der Selbstregulation können personen- und situationsspezifisch die Lernziele oder -inhalte, die Lernmethoden und verwendeten Medien, die Bearbeitungsform des Lernmaterials (z.B. Lerntempo und eigenständige Sequenzierung des Inhalts), die Lernorganisation (inklusive Lernumgebung und sozialer Einbindung des Lernprozesses) und die Evaluation des Lernfortschritts dienen (Kerres 2013, S. 21; Niegemann et al. 2008, S. 65). Kuhl grenzt ferner die Konzepte der Selbstregulation und Selbstkontrolle voneinander ab, wobei Ersteres als „innere Demokratie“ und Letzteres als „innere Diktatur“ bezeichnet wird. Selbstregulation meint dahingehend eine Integration verschiedener Aspekte der Handlungssteuerung unter Einbeziehung eigener Erfahrungen sowie ein weitgehend selbtkongruentes Handeln, bei dem eine Passung zwischen dem aktuellen Befinden und den situativen Anforderungen besteht. Situationen mit Betonung eigener Wahlfreiheit werden als passend für den Mechanismus der Selbstregulation angesehen. Selbstkontrolle eignet sich dagegen für kontrollierte Situationen, in denen eine fortlaufende Ablenkung unterdrückt werden soll und alle nicht der Zielerreichung dienlichen Aspekte der Handlungsausführung ausgeklammert werden (Kuhl 2010, S. 347–349).

Modelle zur Beschreibung der Selbstregulation werden allgemein in Komponenten- und Prozessmodelle unterteilt. Komponentenmodelle fokussieren sich auf die Beschreibung zentraler personenspezifischer Kompetenzen oder Komponenten, die für einen selbstregulierten Lernprozess erforderlich sind. Prozessmodelle fassen das selbstregulierte Lernen als Ereignissequenz oder geordnete Abfolge von Phasen auf (Bachmann 2009, S. 23).

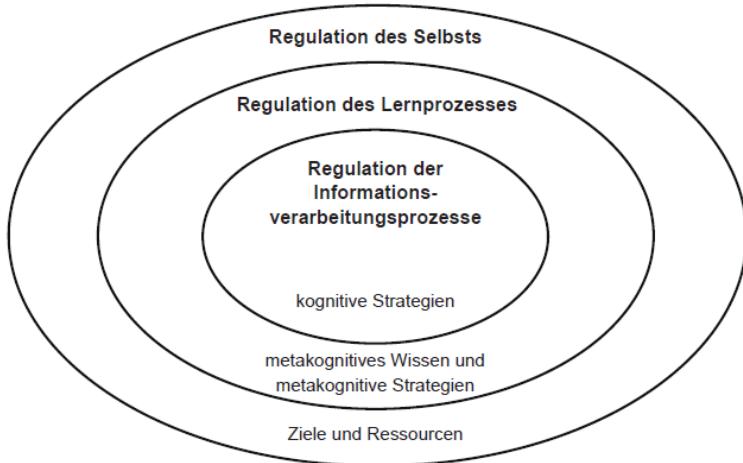


Abbildung 22: Drei-Schichten-Modell der Selbstregulation (angepasst nach Boekaerts 1999, S. 449 und Bachmann 2009, S. 24)

Ein etabliertes Komponentenmodell resultierte aus der Forschung von Boekaerts: das Drei-Schichten-Modell, das selbstreguliertes Lernen als komplexe Wechselbeziehung zwischen kognitiven und motivationalen Regulationsprozessen auffasst (siehe Abbildung 22). Die Kernkomponenten der Selbstregulation werden dementsprechend in drei Schichten eingeteilt, wobei die innerste Schicht die Regulation der Informationsverarbeitung repräsentiert, das heißt tiefgehende oder oberflächliche Verarbeitung von Lerninhalten. Die nächsthöhere Schicht befasst sich mit der Regulation des Lernprozesses und umfasst Aspekte der Metakognition, z.B. die Planung, Überwachung oder Bewertung des Lernverhaltens. Die äußere Schicht ist die Regulation des Selbst und repräsentiert die Selbstregulation im eigentlichen Sinn. Die Lernergebnisse werden hierbei in Relation zu den gesetzten Zielen und kognitiven sowie motivationalen Ressourcen gesetzt (Landmann et al. 2015, S. 50–51; Boekaerts 1999). Interaktionen zwischen den drei Schichten der Selbstregulation werden in diesem einfachen Modell nicht beschrieben. Das explizite Einbeziehen kognitiver und motivationaler Strategien und die Differenzierung von Domänen-, Ziel- und Strategieebene wird daher in einem erweiterten Sechs-Komponenten-Modell von Boekaerts vorgenommen (für eine ausführliche Betrachtung siehe Bachmann 2009, S. 25–28).

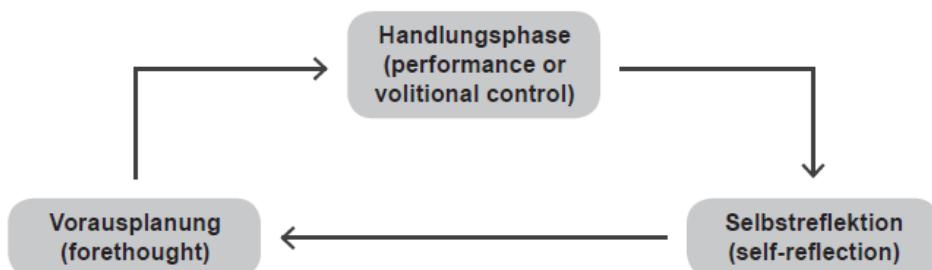


Abbildung 23: Phasenmodell der Selbstregulation (angepasst nach Bachmann 2009, S. 32 und Zimmerman 2000)

Auf der Ebene der Prozessmodelle hat sich insbesondere das Kreislaufmodell von Zimmerman etabliert (siehe Abbildung 23), das hauptsächlich von den Erkenntnissen der sozial-kognitiven Theorie von Bandura (siehe Selbstwirksamkeitserwartung in Abschnitt 3.2.1) beeinflusst wurde. Die Selbstregulation bezieht sich in diesem Modell auf das Verhalten (Beobachtung des Selbst und entsprechende Anpassung des Leistungsverhaltens), die Umwelt (Beobachtung und Anpassung der Umweltfaktoren) und personenimmanente Faktoren (Überwachung und Anpassung kognitiver und affektiver Zustände). Daraus resultieren die drei Phasen Vorausplanung, eigentliche Handlung und Selbstreflektion. In der Phase der Vorausplanung spielen die Analyse der gegebenen Lernaufgaben und die Berücksichtigung motivationaler Überzeugungen eine zentrale Rolle. Während der Handlung findet eine permanente Überwachung und Steuerung des Prozesses der Aufgabenausführung statt. Dieser Prozess geht zudem mit spezifischen Strategien der Selbstbeurteilung und affektiven Reaktionen einher, die darüber hinaus im Kontext der Selbstreflektionsphase ein Vorausplanen für zukünftige Handlungen beinhalten (Zimmerman 2011, S. 56–57; Straka 2006, S. 395–396). Somit ergibt sich ein Kreislauf des selbstregulierten Lernens. Gemeinsam ist diesen Modellen das permanente Überwachen des Lernprozesses, das Einbeziehen metakognitiver Prozesse, die Verwendung von Lernstrategien und die Annahme von Zielen als Referenzwerte für den aktuellen Leistungsstand. Lernende nehmen in diesen Modellen zudem meist eine konstruktive und aktive Rolle ein (Bachmann 2009, S. 38).

Teil II

Untersuchungsdesign und Forschungsmethode

4 Beschreibung des Untersuchungsdesigns und der Fallstudie

Zur Beantwortung der in Abschnitt 1.1 benannten zentralen Fragestellung der Arbeit unter Einbeziehung des Fallbeispiels NanoTecLearn wurde das Vorhaben der Realisierung einer auf die aktuelle Lernmotivation der Studierenden reagierenden adaptiven Lernplattform angemessen strukturiert. Dazu werden zunächst die wissenschaftlichen Grundlagen der Themenbereiche adaptives E-Learning (siehe Kapitel 2) und Lernmotivation (siehe Kapitel 3) synthetisiert (siehe Abschnitt 4.1) und daraus anschließend weiterführende Forschungsfragen und Hypothesen extrahiert (siehe Abschnitt 4.2). Als Grundlage der durchgeführten Studien wird zudem das Fallbeispiel NanoTecLearn ausführlich beschrieben und dessen Eignung begründet (siehe Abschnitt 4.3). Das Vorgehensmodell zur Untersuchung des Einflusses von adaptivem E-Learning auf die Lernmotivation von Studierenden anhand des Fallbeispiels NanoTecLearn wird in Abschnitt 4.4 beschrieben.

4.1 Synthese von adaptivem E-Learning und Lernmotivation zur Identifikation der Untersuchungsschwerpunkte

Einen wichtigen Bestandteil der in Kapitel 2 beschriebenen adaptiven hypermedialen E-Learning Systeme bildet das Benutzermodell (siehe Abschnitt 2.3.2), da hierbei mithilfe eines oder mehrerer Benutzermerkmale die Basis für die späteren Systemanpassungen geschaffen wird. Die Umsetzung eines adaptives Lernsystems sollte, wie in Kapitel 1 bereits erwähnt, auf Grundlage des Benutzermerkmals Lernmotivation geschehen. In der Literatur zu adaptivem E-Learning wird dieses Konstrukt wiederholt als relevanter Bedingungsfaktor des Lernprozesses bezeichnet (Mödritscher 2007, S. 156; Astleitner und Keller 1995; Kim et al. 2014), jedoch existieren kaum erprobte Lösungen, die motivationale Faktoren als Grundlage der Systemanpassung nutzen. In der Vergangenheit wurde beispielsweise versucht Techniken zu implementieren, denen per se eine Motivationsförderlichkeit zugesprochen wird (z.B. Formulierung von Lernzielen zu Beginn von Lernmodulen, Gamification-Ansätze, kollaborative Elemente, etc.) oder das User Interface des Lernsystems besonders ansprechend zu gestalten (z.B. Empfehlungen für die Gestaltung von User Interfaces auf Basis des motivationalen Instruktionsdesignmodells nach Keller in Abschnitt 3.2.2) (Baumstark und Graf 2014, S. 158; Niegemann et al. 2008, S. 370–380).

In Abschnitt 2.3.2 wurden verschiedene geeignete Charakteristiken aufgezählt, die als Grundlage der Adaptation herangezogen werden können, wobei insbesondere das domänen spezifische Wissen sowie Vorwissen im E-Learning Kontext bereits Anwendung fanden. Die Potenziale der Berücksichtigung von Lernmotivation als mögliche Grundlage der Adaptation wurden in Kapitel 3 vielfach benannt, wobei besonders die Funktion als Antriebs- und Steuerungsgröße zur Initiierung und Aufrechterhaltung des Lernprozesses sowie die Auswirkungen auf die Lernleistung in Abhängigkeit der personenspezifischen

Anreizstrukturen von Bedeutung sind (Krapp et al. 2014, S. 209). Das in Abschnitt 3.2 vorgestellte Prozessmodell der Lernmotivation spielt dahingehend eine wichtige Rolle für die Veranschaulichung einer selbstregulierten Lernhandlung, die in E-Learning Kontexten zumeist gegeben ist. Dahingehend sollte die bisher noch offene Befundlage hinsichtlich des Zusammenhangs von Aspekten der aktuellen Motivation und Vermittlungsgrößen als Determinanten des Lernerfolgs weiterführend untersucht werden (Ansatzpunkte liefern z.B. die Arbeiten von Bachmann 2009 und Engeser 2005).

Für die Beantwortung der zentralen Fragestellung der Arbeit sollten geeignete motivationale Personenfaktoren und Situationsfaktoren mit Schwerpunkt auf die möglichst motivationsförderliche Gestaltung von E-Learning Systemen identifiziert werden. Die Mehrwert dieser Technologien sollte nicht nur in der Nutzung und Bereitstellung von Informationen bestehen, sondern in einem erkennbaren Wissens- und Fähigkeitszuwachs der Lernenden und in einer vorhandenen Akzeptanz sowie Nutzungsbereitschaft von Lernplattformen (Low und Putai 2009, S. 165). Darüber hinaus spielten die Benutzerfreundlichkeit und das allgemeine Benutzererlebnis, das heißt die Usability und User Experience, eine entscheidende Rolle für die Akzeptanz des E-Learnings, da diese Technologie primär selbstbestimmt und selbstreguliert genutzt wird. In diesem Zusammenhang erscheint die Lernmotivation als Voraussetzung für die Initiierung und Aufrechterhaltung von Lernprozessen besonders relevant, um vorzeitigen Lernabbrüchen aufgrund von Motivationsdefiziten entgegenzuwirken (Hu 2008, S. 1–2).

Adaptives E-Learning bietet durch die fortlaufende Diagnose von Charakteristiken des Benutzers (Adaptivität) sowie Mechanismen zur individuellen Anpassung einer Benutzeroberfläche (Adaptierbarkeit) vielfältige Möglichkeiten zur Adressierung der Lernmotivation. Es sollte dahingehend überprüft werden, inwiefern Techniken aus dem Bereich AEHS in einem bestehenden Lernsystem anhand eines geeigneten Fallbeispiels zur Förderung der Lernmotivation eingesetzt werden können. Ein Sachverhalt, der sich diesbezüglich in Kapitel 2 bereits andeutete, war die während der letzten zehn Jahre zunehmend geringer werdende Befundlage und Publikationsdichte im Bereich adaptives E-Learning – so verweisen selbst neuere Veröffentlichungen wie Ennouamani und Mahani 2017 zumeist auf die etablierte Forschung von Brusilovsky und anderen Wegbereitern adaptiver hypermedialer Systeme. Da die Berücksichtigung des vielschichtigen Konstrukts Lernmotivation jedoch vielfach als wünschenswert im Bereich E-Learning bezeichnet wurde (Mödritscher 2007; Song und Keller 2001; Küfner 2010), wurde in Form der vorliegenden Arbeit ein Versuch der Synthese von adaptivem E-Learning und Lernmotivation im Kontext des selbstregulierten Lernens unternommen. Gemäß den in den Kapiteln 2 und 3 aufgearbeiteten Grundlagen sowie der Ausgangssituation, die durch das gewählte Fallbeispiel NanoTecLearn (siehe Abschnitt 4.3) gegeben war, resultierten folgende Forschungsschwerpunkte, die im nachfolgenden Abschnitt in konkrete Forschungsfragen und Hypothesen überführt werden:

- Analyse des Zusammenhangs und Einflusses von adaptivem E-Learning auf die aktuell wirksame Lernmotivation von Studierenden – Dahingehend ist eine angemessene Operationalisierung des Lernprozesses unter motivationalen Gesichtspunkten und im Rahmen des selbstregulierten Lernens mit einer Lernplattform erforderlich. Es sollen geeignete Personen- und Situationsfaktoren sowie Bedingungsgrößen aktueller Motivation und deren Auswirkungen auf die Lernleistung identifiziert werden. Es werden primär die Erkenntnisse zum Prozessmodell der Lernmotivation und der zugehörigen Unterabschnitte in Kapitel 3 sowie das leistungsbezogene Verständnis des Motivationsbegriffs herangezogen.
- Analyse der Lernmotivation beim Lernen mit der E-Learning Plattform als Prozessvariable – In diesem Zusammenhang wird die Veränderlichkeit ausgewählter Motivationsindikatoren während einer E-Learning Session untersucht, um feststellen zu können, ob Lernmotivation als ausreichend sensitiver Prädiktor des Lernprozesses in Frage kommt. Darüber hinaus wird zu überprüfen sein, ob sich ein lernmotivationsbasiertes Benutzermodell für eine Umsetzung der Adaptivität im konkreten Fallbeispiel als geeignet erweist.
- Analyse des Benutzererlebnisses während des Lernens mit einem lernmotivationsbasierten E-Learning System – Diesbezüglich spielt die Akzeptanz der Übernahme der für das Lernen gewählten Technologie eine Rolle sowie die Beurteilung der Benutzerfreundlichkeit und das Ausmaß an empfundener Kontrolle und Transparenz im Umgang mit einem adaptiven Lernsystem. Darüber hinaus sollten aufgrund der offenen Befundlage in diesem Forschungsbereich zudem verschiedene Adaptationstechniken und deren Eignung zur Förderung der Lernmotivation sowie des Benutzererlebnisses vergleichend untersucht werden.

4.2 Forschungsfragen und Hypothesen

Aus den identifizierten Untersuchungsschwerpunkten des vorherigen Abschnitts und der zentralen Fragestellung der Arbeit in Abschnitt 1.1 konnten spezifische Forschungsfragen und zugehörige Hypothesen abgeleitet werden. Diese sollten mithilfe des dreiphasigen Untersuchungsdesigns (siehe Abschnitt 4.4) und den zugehörigen Teilstudien sowie deren spezifischen Forschungsfragen und Hypothesen beantwortet werden. Die erste Teilstudie des Gesamtvorhabens sollte insbesondere mithilfe qualitativer Untersuchungen in Form von Einschätzungen der Studierenden zur Qualität und Arbeit mit der Lernplattform beantwortet werden. Die beiden zugehörigen Hypothesen zielen auf die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Situationsfaktoren des Prozessmodells ab, also vorrangig der über das ARCS-Modell (siehe Abschnitt 3.2.2) erhobenen Motivationsförderlichkeit des Instruktionsdesigns der Plattform und der aktuell wirksamen Motivation

der Lernenden. Weiterhin waren das erhobene domänenspezifische Vorwissen der Lernenden sowie Lernresultate und deren Zusammenhänge mit dem Motivationsverlauf von Interesse, um abschätzen zu können, ob die adaptive Plattformversion eine Verbesserung gegenüber der nicht-adaptiven Ausgangsversion des Fallbeispiels NanoTecLearn darstellte.

Die erste Hypothese der zweiten Teilstudie bezog sich auf den Verlauf der Lernmotivation beim Lernen mit den verschiedenen adaptiven Plattformversionen – diesbezüglich war der zu implementierende motivationsbasierte Adaptationsmechanismus von zentraler Bedeutung. Die zweite Hypothese basierte auf den Vermittlungsgrößen des Prozessmodells (siehe Abschnitt 3.2.4), insbesondere der wiederholten Messung des emotionalen Befindens und etwaigen Unterschieden im Befinden zwischen dem Lernen mit den nicht-adaptiven und adaptiven Plattformversionen.

Als Grundlage der Beantwortung der dritten Teilstudie diente vorrangig der Vergleich prototypisch umgesetzter adaptiver Systemvarianten während der zweiten Phase des Untersuchungsdesigns. Dabei wurden mithilfe der drei umgesetzten Adaptationstechniken und der nicht-adaptiven Version als Kontrollgruppe Aussagen darüber getroffen, ob die Learning Experience sich zwischen den einzelnen Techniken und im Vergleich zur Ausgangsversion signifikant änderte. Als Learning Experience im Umgang mit adaptiven Lernsystemen wurden die User Experience (Laugwitz et al. 2008), das Kontrollempfinden (Peissner und Edlin-White 2013) und die Technologieakzeptanz (Davis 1989) aufgefasst (für eine ausführlichere Erläuterung siehe Abschnitt 6.2.1).

Die vierte Teilstudie prüfte die übergreifenden Zusammenhänge der einzelnen Teilstudien des Untersuchungsdesigns. In den dazugehörigen Hypothesen wurden die theoretischen Annahmen des indirekten Zusammenhangs der aktuell wirksamen Motivation und des Lernerfolgs, vermittelt über die Variable emotionales Befinden, in Form des Prozessmodells der Lernmotivation geprüft (siehe Abschnitt 3.2), um festzustellen, ob die Konzeption des selbstregulierten Lernprozesses unter motivationalen Gesichtspunkten mithilfe des Modells angemessen dargestellt werden konnte. Weiterhin wurden die Zusammenhänge der aktuell wirksamen Motivation und der Learning Experience untersucht sowie Einflüsse motivationaler Personenvariablen und der generellen Akzeptanz von E-Learning Angeboten. Die Mess- und Auswertungsmethoden der Teilstudien werden in den Kapiteln 5 bis 7 zur Beschreibung der drei Phasen des Untersuchungsdesigns jeweils ausführlich vorgestellt. Tabelle 1 zeigt die beschriebenen Teilstudienfragen und Hypothesen der Arbeit, die zur Beantwortung der zentralen Fragestellung (siehe Abschnitt 1.1) dienen sollen.

Tabelle 1: Teilstudienfragen und Hypothesen der Arbeit

Forschungsfragen	Hypothesen
Forschungsfrage 1 Steigert adaptives E-Learning die Lernmotivation von Studierenden?	Hypothese 1 Adaptives E-Learning wirkt sich positiv auf die aktuelle Motivation der Lernenden aus.
	Hypothese 2 Adaptives E-Learning wirkt sich positiv auf den Lernerfolg der Lernenden aus.
Forschungsfrage 2 Inwiefern ist eine merkliche Veränderung der Lernmotivation in der Laufzeit einer E-Learning Session feststellbar?	Hypothese 3 Der Verlauf der Lernmotivation eines Lernenden ändert sich insbesondere bei Übergängen zwischen den Wissenzugängen der NanoTecLearn Plattform.
	Hypothese 4 Das aktuelle emotionale Befinden des Lernenden ist bei adaptivem E-Learning besser als bei nicht-adaptivem E-Learning.
Forschungsfrage 3 Welche Adaptationstechniken eignen sich zur Förderung der Lernmotivation?	Hypothese 5 Die Learning Experience ändert sich in Abhängigkeit von der verwendeten Adaptationstechnik.
	Hypothese 6 Die Faktoren der Learning Experience beeinflussen sich in Abhängigkeit von der verwendeten Adaptationstechnik gegenseitig.
Forschungsfrage 4 Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Adaptation, Lernmotivation und Lernerfolg?	Hypothese 7 Die aktuelle Motivation des Lernenden beeinflusst den Lernerfolg positiv, vermittelt durch das aktuelle emotionale Befinden während der E-Learning Session.
	Hypothese 8 Die Learning Experience hat einen positiven Einfluss auf die aktuell wirksame Motivation.
	Hypothese 9 Motivationale Anreizfaktoren und Studieninteresse beeinflussen die Akzeptanz von E-Learning.

Die folgenden Tabellen veranschaulichen die Forschungsfragen und Hypothesen der Teilstudien des Untersuchungsdesigns (siehe Abschnitt 4.4). In den Tabellenbeschriftungen werden daher bereits die Bezeichnungen der später beschriebenen Studien aufgeführt. Tabelle 2 stellt die Erkenntnisziele der beiden Studien zur Untersuchung der Lernmotivation gemäß des Prozessmodells (siehe Abschnitt 3.2) in Form eines Vergleichs des Lernens mit der nicht-adaptiven und adaptiven Systemversionen des Fallbeispiels NanoTecLearn dar. Im Anschluss an die Auflistung der Forschungsfragen und Hypothesen aller Teilstudien folgt zudem deren Zuordnung zu den übergeordneten Teilstudienfragen und Hypothesen der Arbeit (siehe Tabelle 6).

Tabelle 2: Forschungsfragen und Hypothesen der Motivationsstudien

Forschungsfragen	Hypothesen
Forschungsfrage 1 Welcher Zusammenhang besteht zwischen Personenfaktoren und aktueller Motivation?	Hypothese 1 Je höher das Vorwissen, desto höher ist die aktuelle Motivation.
	Hypothese 2 Je höher die Selbstwirksamkeitserwartung, desto höher ist die aktuelle Motivation.
	Hypothese 3 Je höher das Vorwissen, desto höher ist die Selbstwirksamkeitserwartung.
Forschungsfrage 2 Welcher Zusammenhang besteht zwischen Situationsfaktoren und aktueller Motivation?	Hypothese 4 Je besser das Instruktionsdesign bewertet wird, desto höher ist die aktuelle Motivation.
Forschungsfrage 3 Welcher Zusammenhang besteht zwischen Personen- und Situationsfaktoren?	Hypothese 5 Je höher das Vorwissen, desto besser wird das Instruktionsdesign bewertet.
	Hypothese 6 Je höher die Selbstwirksamkeitserwartung, desto besser wird das Instruktionsdesign bewertet.
Forschungsfrage 4 Welcher Zusammenhang besteht zwischen aktueller Motivation vor der E-Learning Session und Änderung des emotionalen Befindens während der E-Learning Session?	Hypothese 7 Je höher die aktuelle Motivation, desto höher ist der Ausgangswert des emotionalen Befindens.
	Hypothese 8 Je höher die aktuelle Motivation, desto positiver ist das emotionale Befinden während der E-Learning Session.
Forschungsfrage 5 Welcher Zusammenhang besteht zwischen aktueller Motivation und Lernresultaten?	Hypothese 9 Je höher die aktuelle Motivation, vermittelt durch das emotionale Befinden während der E-Learning Session, desto besser sind die Lernresultate.
Forschungsfrage 6 Wie verändert sich das emotionale Befinden während der E-Learning Session?	Hypothese 10 Es zeigen sich signifikante Unterschiede im emotionalen Befinden in Abhängigkeit des aktuellen Abschnitts der E-Learning Plattform.

Die Forschungsfragen und Hypothesen der beiden Teilstudien zur Untersuchung der Lernmotivation beim Lernen mit den nicht-adaptiven und adaptiven Systemversionen fokussierten sich auf die Bestandteile des Prozessmodells der Lernmotivation in Form der Personenfaktoren, Situationsfaktoren, Faktoren der aktuell wirksamen Motivation, Vermittlungsgrößen und Lernresultate. Untersucht wurden insbesondere die Zusammenhänge und gegenseitige Beeinflussung der Faktoren sowie die Mediatorbeziehung zwischen aktueller Motivation und Lernresultaten entsprechend der Modellannahme (siehe Abschnitt 3.2). Tabelle 3 veranschaulicht nachfolgend die Forschungsfragen und Hypothesen zur vergleichenden Untersuchung der implementierten adaptiven Systemvarianten im Vergleich zur nicht-adaptiven Ausgangsversion des Fallbeispiels NanoTecLearn.

Tabelle 3: Forschungsfragen und Hypothesen der Adaptationstechniken Vergleichsstudie und Usability-Studie

Forschungsfragen	Hypothesen
Forschungsfrage 1 Welche Adaptationstechniken verbessern die Lernmotivation in einer E-Learning Session?	Hypothese 1 Es zeigen sich Unterschiede im Motivationsverlauf während der E-Learning Session in Abhängigkeit der verwendeten Adaptationstechnik.
Forschungsfrage 2 Welchen Einfluss nimmt die Learning Experience auf die aktuell wirksame Lernmotivation?	Hypothese 2 Je höher das Kontrollempfinden bezüglich der Adaptation vom Lernenden empfunden wird, desto höher ist die aktuelle Lernmotivation. Hypothese 3 Je besser die User Experience der adaptiven E-Learning Plattform bewertet wird, desto höher ist die aktuelle Lernmotivation.
	Hypothese 4 Je höher die Technologieakzeptanz bezüglich der adaptiven E-Learning Plattform ausgeprägt ist, desto höher ist die aktuelle Lernmotivation.
Forschungsfrage 3 Wie werden die adaptiven Versionen der E-Learning Plattform untereinander und im Vergleich zur nicht-adaptiven Version hinsichtlich der Learning Experience bewertet?	Hypothese 5 Es zeigen sich signifikante Unterschiede in der Learning Experience zwischen den adaptiven Systemvarianten und der Kontrollgruppe.
	Hypothese 6 Die finale adaptive Plattformversion weist eine bessere Learning Experience auf als alle anderen vier Plattformversionen.
Forschungsfrage 4 Inwiefern beeinflussen sich die Faktoren der Learning Experience der adaptiven Versionen der E-Learning Plattform und der nicht-adaptiven Version gegenseitig?	Hypothese 7 Je höher die Technologieakzeptanz über die verschiedenen Versionen hinweg ausgeprägt ist, desto besser ist die User Experience. Hypothese 8 Je besser das Kontrollempfinden über die verschiedenen Versionen hinweg ausgeprägt ist, desto besser ist die User Experience.
	Hypothese 9 Je höher die Technologieakzeptanz über die verschiedenen Versionen hinweg ausgeprägt ist, desto besser ist das Kontrollempfinden.

Im Vordergrund dieser Teilstudien standen Erkenntnisse zum Motivationsverlauf auf Basis der Erfassung mithilfe des implementierten Adaptionsmechanismus der Plattformversionen sowie die Bewertung der Learning Experience in Form der User Experience, Technologieakzeptanz und des Kontrollempfindens der Systemvarianten im direkten Vergleich untereinander. Die Tabellen 4 und 5 fassen Forschungsfragen und Hypothesen einer Onlinestudie zur Evaluation der Personenfaktoren der untersuchten Population sowie Fragestellungen der qualitativen Erhebungen zusammen, die mit der nicht-adaptiven Ausgangsversion zur Konzeption der Adaptation durchgeführt wurden.

Tabelle 4: Forschungsfrage und Hypothesen der Onlinestudie zur Analyse der Personenfaktoren

Forschungsfrage	Hypothesen
Forschungsfrage Inwiefern beeinflussen sich extrinsische und intrinsische Lernmotivation, Studieninteresse und Akzeptanz von E-Learning gegenseitig?	Hypothese 1 Je höher das Studieninteresse, desto höher ist die Akzeptanz von E-Learning.
	Hypothese 2 Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen extrinsischer Motivation und Studieninteresse.
	Hypothese 3 Ist die Lernmotivation intrinsisch, ist das Studieninteresse höher.
	Hypothese 4 Ist die Lernmotivation extrinsisch, ist die Akzeptanz von E-Learning geringer.
	Hypothese 5 Ist die Lernmotivation intrinsisch, ist die Akzeptanz von E-Learning höher.

Im Fokus der Onlinestudie stand die motivationale Orientierung entsprechend der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan, das allgemeine Studieninteresse und die generelle Akzeptanz von E-Learning Angeboten (siehe Abschnitt 3.2.1 zu Personenfaktoren des Prozessmodells der Lernmotivation). Für die qualitativen Erhebungen in Form von Fokusgruppen mit Studierenden und Experten, die in Tabelle 5 adressiert werden, wurden eine Haupt- und drei Teilstudienforschungsfragen gebildet. Das Erkenntnisziel war die möglichst benutzerzentrierte Auswahl geeigneter Adaptationstechniken und deren Verifikation aus Sicht der Lernenden und Lehrenden. Darüber hinaus sollte das Alltagsverständnis des Konstrukts Lernmotivation und die generelle Nutzungsbereitschaft und Akzeptanz von E-Learning Angeboten im Studium erfragt werden.

Tabelle 5: Forschungsfragen der qualitativen Erhebungen mit der nicht-adaptiven NanoTecLearn Lernplattform

Studien	Forschungsfragen
Fokusgruppen mit Studierenden und Expertenfokusgruppe	Forschungsfrage Welche Adaptationstechnik eignet sich für die Aufrechterhaltung und Förderung der Lernmotivation?
	Unterforschungsfrage 1 Wie definieren die Lernenden den Begriff Lernmotivation?
	Unterforschungsfrage 2 Welchen Anforderungen sollte eine adaptive E-Learning Plattform hinsichtlich Inhalt, Didaktik, Technik und Usability genügen?
	Unterforschungsfrage 3 Welche Faktoren beeinflussen die Akzeptanz von adaptivem E-Learning?

Tabelle 6: Abbildung der Forschungsfragen und Hypothesen der Teilstudien auf die übergeordneten Teilstudien und Hypothesen der Arbeit

Übergeordnete Forschungsfragen	Übergeordnete Hypothesen	Zugehörige Teilstudien	Zugehörige Forschungsfragen und Hypothesen
Forschungsfrage 1 Steigert adaptives E-Learning die Lernmotivation von Studierenden?	Hypothese 1 Adaptives E-Learning wirkt sich positiv auf die aktuelle Motivation der Lernenden aus.	Motivationsstudien	Forschungsfrage 2 • Hypothese 4 Forschungsfrage 3 • Hypothese 5, 6
		Fokusgruppen mit Studierenden und Experten	Forschungsfragen • Unterr Forschungsfrage 1, 2, 3
	Hypothese 2 Adaptives E-Learning wirkt sich positiv auf den Lernerfolg der Lernenden aus.	Motivationsstudien	Forschungsfrage 5 • Hypothese 9
Forschungsfrage 2 Inwiefern ist eine merkliche Veränderung der Lernmotivation in der Laufzeit einer E-Learning Session feststellbar?	Hypothese 3 Der Verlauf der Lernmotivation eines Lernenden ändert sich insbesondere bei Übergängen zwischen den Wissenszügen der Nano TecLearn Plattform.	Adaptationstechniken Vergleichsstudie	Forschungsfrage 1 • Hypothese 1
	Hypothese 4 Das aktuelle emotionale Befinden des Lernenden ist bei adaptivem E-Learning besser als bei nicht-adaptivem E-Learning.	Motivationsstudien	Forschungsfrage 4 • Hypothese 7, 8 Forschungsfrage 6
Forschungsfrage 3 Welche Adaptationstechniken eignen sich zur Förderung der Lernmotivation?	Hypothese 5 Die Learning Experience ändert sich in Abhängigkeit von der verwendeten Adaptationstechnik.	Adaptationstechniken Vergleichsstudie, Usability-Studie	Forschungsfrage 3 • Hypothese 5, 6
	Hypothese 6 Die Faktoren der Learning Experience beeinflussen sich in Abhängigkeiten von der verwendeten Adaptationstechnik gegenseitig.	Adaptationstechniken Vergleichsstudie, Usability-Studie	Forschungsfrage 4 • Hypothese 7, 8, 9
Forschungsfrage 4 Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Adaptation, Lernmotivation und Lernerfolg?	Hypothese 7 Die aktuelle Motivation des Lernenden beeinflusst den Lernerfolg positiv, vermittelt durch das aktuelle emotionale Befinden während der E-Learning Session.	Motivationsstudien	Forschungsfrage 1 • Hypothese 1, 2, 3 Forschungsfrage 3 • Hypothese 5, 6 Forschungsfrage 4 • Hypothese 8 Forschungsfrage 5 • Hypothese 9
	Hypothese 8 Die Learning Experience hat einen positiven Einfluss auf die aktuell wirksame Motivation.	Adaptationstechniken Vergleichsstudie	Forschungsfrage 2 • Hypothese 2, 3, 4
	Hypothese 9 Motivationale Anreizfaktoren und Studieninteresse beeinflussen die Akzeptanz von E-Learning.	Onlinestudie	Forschungsfrage • Hypothese 1, 2, 3, 4, 5

4.3 Beschreibung des Fallbeispiels NanoTecLearn

Die Lernplattform NanoTecLearn wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts, das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wurde, von drei Fachgebieten der Technischen Universität Ilmenau im Zeitraum 01.11.2014-31.07.2017 realisiert. Das Vorhaben zielte auf die Entwicklung einer Lern- und Wissensplattform ab, die die Verknüpfung von Mikrosystemtechnik und Nanotechnologie (auch Mikro-Nano-Integration genannt) im Rahmen der beruflichen Weiterbildung begreifbar machen sollte. Adressiert werden sollten damit unterschiedliche Zielgruppen mit ebenso diversen Bildungshintergründen (Auszubildende bis hin zu promovierten Ingenieuren). Das im Projektzeitraum noch nicht gebündelt vorliegende Wissen dieser speziellen Domäne sollte mithilfe eines systematischen und strukturierten Zugangs für Beschäftigte nutzbar gemacht werden (Fachgebiet Medienproduktion 2019).

Eignung des Fallbeispiels NanoTecLearn als Grundlage des Untersuchungsdesigns

Als geeignetes Fallbeispiel wurde die Lernplattform identifiziert, da sie explizit für selbstregulierte Lernkontakte entworfen wurde, einen modularen Aufbau der Lerninhalte aufwies (siehe Abschnitt 2.1), Inhalte über verschiedene Wissenszugänge abrufbar waren und das System offen für die Implementierung adaptiver Systemkomponenten war. Als Bildungskontext diente der Hochschulsektor, das heißt die Zielgruppe Studierende, und deren weitgehend selbstreguliertes Lernen mit E-Learning als Ergänzungssangebot zu klassischen Präsenzveranstaltungen. Entsprechend der Systemebenen der Lernumwelt Hochschule (siehe Abschnitt 3.2.2) waren die Individual-, Mikro- und Mesoebene für das Untersuchungsdesign bedeutsam. Lernende aus Studiengängen der Natur- und Ingenieurwissenschaften sollten entsprechend der vermittelten Inhalte der Lernplattform die Hauptzielgruppe darstellen. Die Exo- und Makroebene wurden nicht berücksichtigt, da die durchgeführten Studien auf den Anwendungsfall der Technischen Universität Ilmenau beschränkt waren. Das Lehrangebot der Universität umfasst 17 ingenieurwissenschaftliche, sechs naturwissenschaftliche und fünf sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Bachelor- und Masterstudiengänge. Zu berücksichtigen war die mit ca. 5400 Studierenden (Stand 2019) relativ geringe Studierendenzahl der Universität (Technische Universität Ilmenau 2020).

NanoTecLearn lag als nicht-adaptives Lernsystem vor und sollte in ein AEHS mit Fokus auf die Implementierung mikroadaptiver Ansätze überführt werden (siehe Abschnitt 2.2.4). Makroadaptation war aufgrund der drei frei explorierbaren Wissenszugänge der Plattform bereits in begrenztem Maß gegeben. Zur Überführung der Lernplattform in ein adaptives System wurde ein lernzentrierter Ansatz gewählt, das heißt es wurde auf die Umsetzung einer möglichst benutzerfreundlichen interaktiven Plattform geachtet, die die eigenständige Steuerung des Lernprozesses und Kontrolle des Lernerfolgs ermöglichen sollte (Baumgartner et al. 2002, S. 23).

Didaktische Konzeption und inhaltliche Aufbereitung von NanoTecLearn

Die Lernplattform sollte insbesondere das selbstregulierte Lernen adressieren und fördern (siehe Abschnitt 3.3), das heißt die Lernenden sollten Lernaktivitäten ohne tutorielle Begleitung und mithilfe eigener absichtsvoller motivationaler Steuerungsmechanismen ausführen. Situationsspezifische Bezugspunkte der Selbstregulation (siehe Abschnitt 3.3) stellten im Kontext von NanoTecLearn die eigenständige Wahl geeigneter Formen der Wissensvermittlung dar, z.B. in Form von Texten, interaktiven Proben oder Formeln. Diese drei Wissenszugänge werden im späteren Verlauf des Abschnitts ausführlicher beschrieben. Lerntempo, Sequenzierung der Inhalte und die Organisation des Lernprozesses sollten darauf aufbauend von den Lernenden selbstbestimmt festgelegt werden. Das in Abbildung 22 in Abschnitt 3.3 aufgeführte Schichten-Modell der Selbstregulation spiegelte sich in Form dieser selbstregulierten Wahl der Wissenszugänge auch im Lernen mit NanoTecLearn wider. Dies galt ebenso für das in Abbildung 23 in Abschnitt 3.3 benannte Phasenmodell der Selbstregulation, da Lernende bei der Arbeit mit NanoTecLearn fortlaufend selbstreguliert auf Basis ihres derzeitigen Kenntnisstands und Lernmotivation nachfolgend geeignete Abschnitte identifizieren (Selbstreflektion und Vorausplanung) und deren Bearbeitung daraufhin zielgerichtet vornehmen mussten (Handlungsphase). Zur Beantwortung der zentralen Forschungsfrage der Arbeit sollte NanoTecLearn in ein adaptives Lernsystem überführt werden. Dahingehend sollte der für die Lernplattform vorgesehene selbstregulierte Lernprozess durch gezielte Vorschläge geeigneter Folgeabschnitte unter motivationalen Gesichtspunkten effizienter gestaltet und auf seine Wirksamkeit hin untersucht werden.

Zur Aufbereitung der Inhalte von NanoTecLearn wurde das Prinzip der didaktischen Reduktion (Lehner 2012) angewendet, wobei das von der Zielgruppe der Lernplattform im beruflichen Alltag angewendete Wissen als Schnittmenge zwischen theoretisch fundiertem Wissen, z.B. in Form von Lehr- oder Fachbüchern, und erworbenem Wissen entsprechend konkreter Arbeitssituationen aufgefasst wird (Grüner 1978, S. 79). Mithilfe von Analysen der Wissensbedarfe von Studierenden aus Mikrosystemtechnik-Studiengängen und Beschäftigten in entsprechenden Unternehmen wurden inhaltliche Themenschwerpunkte extrahiert und strukturiert. Im Projekt wurde dies als Fachlandkarte bezeichnet, die es ermöglichte das Wissen arbeitssituativ zu strukturieren (Krömker et al. 2017, S. 104). Abbildung 24 veranschaulicht deren Bestandteile und Anordnung. Diese Darstellung diente zudem als Startseite³ der Lernplattform. Die Gliederung der Inhalte sowie ein möglicher Aufbau der einzelnen Kapitel wurde unter anderem mithilfe von Fokusgruppen am Fachgebiet Medienproduktion der Technischen Universität Ilmenau im Jahr 2014 abgeleitet und erfolgte zudem in Anlehnung an das didaktische Konzept der Open MINT-Labs (Hochschule Kaiserslautern 2019). Diese virtuellen Labore

³ Die Ausgangsversion von NanoTecLearn ist unter folgendem Link erreichbar: <https://nanotec.tu-ilmenau.de/>, Nutzername: sensomot, Passwort: nano5Tec

repräsentieren eine mögliche Inhaltszerlegung für natur- und ingenieurwissenschaftliche Domänen und wurden daher als passendes Leitbild zur angestrebten Lernplattform identifiziert (Krömker und Hoffmann 2017).



Abbildung 24: Startseite von NanoTecLearn in Form der Fachlandkarte der Mikro-Nano-Integration (eigener Screenshot)

Die in der Fachlandkarte dargestellten Kapitel wurden als Booklets bezeichnet. Die Plattform umfasste insgesamt 12 implementierte Booklets, wobei jedes in Anlehnung an die Open MINT-Labs aus sechs Unterabschnitten bestand (Krömker et al. 2017, S. 106):

- 1. Orientierung: Diese Einführung stellte den Zugang zum Themenbereich dar und gab einen Überblick über die vermittelten Inhalte und zu erwerbenden Kompetenzen.
- 2. Theorie: Für gewöhnlich der umfangreichste Abschnitt, der primär textbasiert sowie mithilfe von Abbildungen, Formeln und Tabellen die jeweiligen Grundlagen eines Booklets vermittelte.
- 3. Anwendung: In diesem Abschnitt erfolgte der Transfer der Theorie auf spezifische Fragestellungen, z.B. des beruflichen Alltags im Bereich Mikrosystemtechnik. Bei technischen Gerätschaften, wie dem Rasterelektronenmikroskop (REM) wurden zudem Hinweise zur Benutzung und Auswertung von Daten gegeben. Die Vermittlung erfolgte analog zum Theorieabschnitt ebenfalls primär textbasiert sowie mit geeigneten Abbildungen.
- 4. Interaktion: Hier erfolgte die Verlinkung und der Übergang zu den anderen beiden Wissenszugängen der Plattform, dem interaktiven Probenbetrachter und den interaktiven Formeln sowie 3D-Modellen, um das Gelernte entdeckend anzuwenden. Diese Zugänge werden nachfolgend noch genauer beschrieben.
- 5. Reflexion: Dieser Abschnitt stellte die Zusammenfassung des Gelernten dar und beinhaltete zudem Reflexionsfragen zur Überprüfung des Lernfortschritts. In der Ausgangsversion von NanoTecLearn waren für diese Fragen noch keine Beispielantworten integriert.
- 6. Quellen: Dieser Abschnitt stellte eine Ergänzung zu der Open MINT-Labs-Gliederung dar und lieferte einen Überblick über die je Booklet empfohlene Grundlagenliteratur.

Abbildung 25 zeigt am Beispiel des Booklets Kontaktwinkelmessgerät die Darstellung der Gliederung sowie den dazugehörigen Bereich zur Darstellung der konkreten Inhalte, in diesem Fall der Abschnitt Orientierung (in der Gliederung blau hervorgehoben). NanoTecLearn enthielt insgesamt drei Wissenszugänge. Die Booklets als textbasierter Zugang bildeten das inhaltliche Fundament. Die Intensivierung der Auseinandersetzung mit den Lerninhalten sollte durch die beiden interaktiven Zugänge realisiert werden, die über die Interaktion sowie über eine gesonderte Navigationsebene erreichbar waren (das Navigationskonzept von NanoTecLearn wird im aktuellen Abschnitt an späterer Stelle detailliert vorgestellt).

KONTAKTWINKELMESSGERÄT

Inhalt

- 1 Orientierung
- 2 Theorie
- 3 Anwendung
- 4 Interaktion
- 5 Reflexion
- 6 Quellen

1 ORIENTIERUNG

Die Oberfläche eines Lotusblatts verfügt über Eigenschaften, die als Vorbild für interessante technische Anwendungen genutzt werden können. Bekannt ist, dass die Blattoberfläche der Lotusblume nahezu nicht zu verschmutzen ist. Wassertropfen perlen einfach von ihnen ab und transportieren dabei Staub und Schmutz mit sich. Die Blätter reinigen sich dabei nicht aktiv selbst, sondern sie werden vom Regenguss gereinigt. Diese Fähigkeit basiert auf besonderen Eigenschaften der Blattoberfläche einer Wachsschicht und einer Beschichtung mit kleinen Noppen (20 - 50 Mikrometer). Bereits die Wachsschicht bewirkt, dass die Wassertropfen nicht haften bleiben und die Benetzung der Blattoberfläche stark verringert wird. Die Oberflächenstruktur führt dazu, dass Schmutzpartikel nur auf den Spitzen der Noppen aufliegen (geringe Auflagefläche). Schmutzpartikel werden dadurch leichter von Wassertropfen „mitgerissen“ als von einer glatten Oberfläche.

Abbildung 25: Beispiel für die Darstellung der Booklets in NanoTecLearn (eigener Screenshot)

Der interaktive Probenbetrachter veranschaulichte REM-Aufnahmen und stellte über User Interface-Elemente zusätzliche Funktionen zur Verfügung, z.B. Vergrößern/Verkleinern des Bildausschnitts oder Ein-/Ausschalten eines Messwerkzeugs. Abbildung 26 veranschaulicht das Prinzip am Beispiel Siliciumras. Insgesamt beinhaltete die Lernplattform fünf interaktive Probensets. Der Probenbetrachter wurde dabei jeweils ergänzt um eine kurze Beschreibung, Anwendungsaufgaben und Verlinkungen zu inhaltlich passenden Booklets oder anderen interaktiven Inhalten.

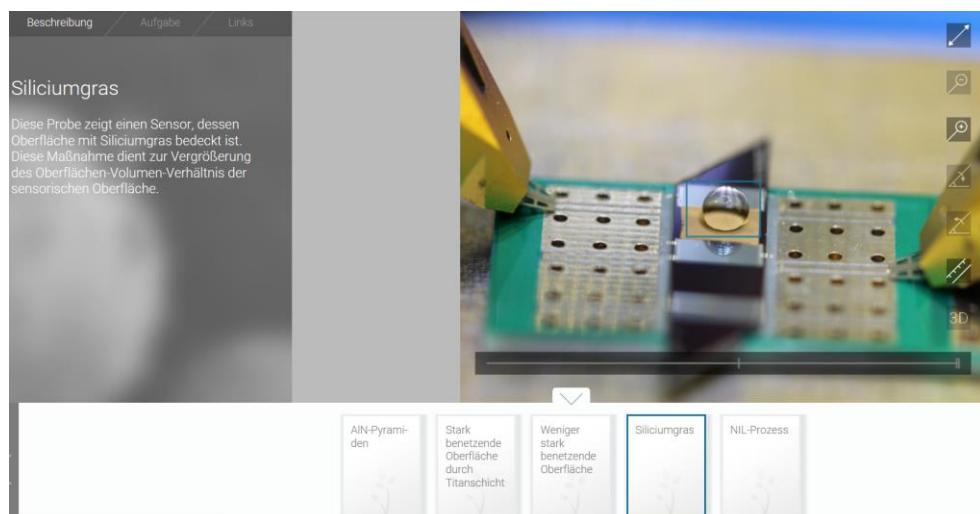


Abbildung 26: Interaktiver Probenbetrachter von NanoTecLearn am Beispiel Siliciumras (eigener Screenshot)

Den dritten Wissenszugang bildeten die interaktiven Formeln und 3D-Modelle. Ursprünglich als Visualisierung physikalischer Gesetzmäßigkeiten mithilfe von User Interface-Elementen vorgesehen, wurde dieser Bereich der Lernplattform in späteren Projektphasen um komplexe 3D-Modelle der in den Booklets beschriebenen Gerätschaften (siehe Abbildung 24 Kategorie Analyse) erweitert, die ebenfalls Interaktionen ermöglichen, z.B. bewegliche Teilkomponenten. Insgesamt umfasste dieser Bereich von NanoTecLearn zehn Abschnitte. Abbildung 27 zeigt ein Beispiel in Form der Berechnung des Kontaktwinkels unterschiedlicher benetzter Oberflächen.

Abbildung 27: Interaktive Formeln von NanoTecLearn am Beispiel Benetzung (eigener Screenshot)

Abbildung 28: Interaktive 3D-Modelle von NanoTecLearn am Beispiel REM (eigener Screenshot)

Die interaktiven 3D-Modelle werden am Beispiel des REM in Abbildung 28 veranschaulicht. Die Bewegung der Modelle im dreidimensionalen Raum wurde translatorisch und rotatorisch über entsprechende User Interface-Elemente ermöglicht. Analog zum Bereich der Probenbetrachter wurde der primäre Interaktionsbereich des Benutzers links von einer Beschreibung, Aufgaben zur Bearbeitung

mithilfe der interaktiven Elemente und Verlinkungen zu inhaltlich passenden Abschnitten ergänzt. Ein konsistenter Aufbau für beide interaktiven Wissenszugänge war somit gegeben. Die Inhaltsvermittlung von NanoTecLearn konnte insgesamt mit der Metapher einer Lehrveranstaltung beschrieben werden: die Booklets bildeten die einzelnen Vorlesungen zu spezifischen Themen der Mikro-Nano-Integration. Innerhalb dieser Lektionen wurden Theorie, Anwendungsbeispiele und vertiefende Übungsaufgaben vermittelt. Die interaktiven Elemente glichen dabei Experimenten und praktischen Anwendungen, die zur Veranschaulichung der theoretischen Konzepte dienen sollten. Die drei Wissenszugänge von NanoTecLearn stellten in Zusammenhang mit dem selbstregulierten Lernansatz hinsichtlich des Untersuchungsschwerpunkts Adaptation bereits eine einfache Umsetzung eines adaptierbaren Systems dar. Systemanpassungen wurden in Form des Wechsels des Wissenszugangs durch den Benutzer selbst initiiert.

Spezifika des User Interfaces sowie des Navigationskonzepts von NanoTecLearn

Die Entwicklung der Benutzeroberfläche der Lernplattform, die in den vorangegangen Abbildungen bereits in Ausschnitten gezeigt wurde, erfolgte im Rahmen eines benutzerzentrierten Prozesses entsprechend des Usability Engineering Lifecycle (Mayhew 1999). Im Rahmen der Anforderungsanalyse wurde im gleichnamigen Forschungsprojekt die Implementierung von Prototypen vorbereitet. Besonderer Wert wurde auf ein möglichst konsistentes und schlichtes Design gelegt. Dazu wurde ein umfassender Styleguide erstellt, der die Verwendung von Farben, Schriftarten, Links, Tabellen, Abbildungen und des allgemeinen Aufbaus des User Interfaces spezifizierte (Hoffmann und Krömker 2015). Die bereits erläuterten Bestandteile der interaktiven Wissenszugänge waren darin ebenfalls enthalten. Das Navigationskonzept von NanoTecLearn basierte auf einem im Styleguide festgeschriebenem Screendesign (siehe Abbildung 29).

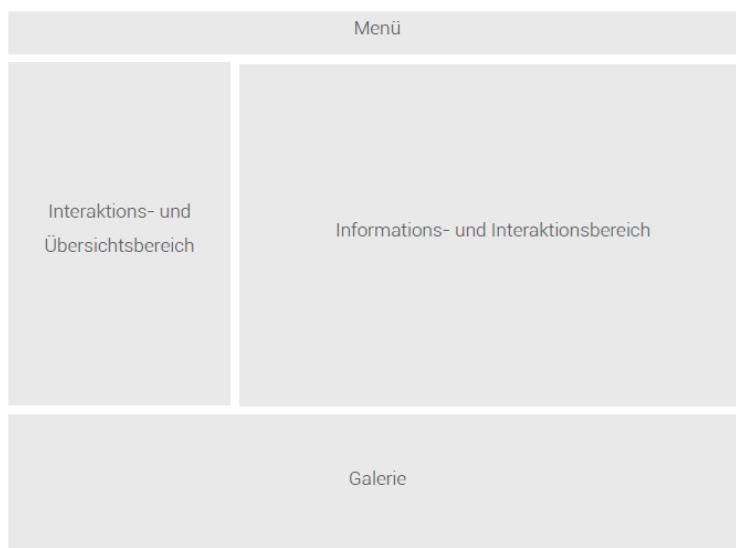


Abbildung 29: Screendesign von NanoTecLearn entsprechend des Styleguides (Hoffmann und Krömker 2015, S. 19)

Insgesamt wies die Lernplattform drei Navigationsebenen auf, die für den Benutzer permanent sichtbar waren. Im oberen Bereich befand sich das Menü, das dem Benutzer den Wechsel zwischen den Wissenszugängen Booklet, Probe und Formel ermöglichte. Dies war somit nicht nur über den Gliederungspunkt Interaktion der Booklets möglich. Darüber hinaus konnten die Suchfunktion und das Glossar angesteuert werden. Der Bereich Kurse war ursprünglich für den Einsatz der Plattform zur Erlangung von Weiterbildungszertifikaten vorgesehen, wurde jedoch letztendlich nicht implementiert und war somit lediglich ein Platzhalter. Innerhalb der Booklets sowie der interaktiven Bestandteile wurde ein Interaktions- und Übersichtsbereich integriert, der die Kapitelstruktur beinhaltete, die bereits detailliert vorgestellt wurde. Im unteren Seitenbereich, in der sogenannten Galerie, konnte zwischen den einzelnen Inhaltssegmenten der Wissenszugänge gewechselt werden, z.B. zwischen spezifischen Booklets. Abbildung 30 veranschaulicht die letztendliche Umsetzung im NanoTecLearn Screen unter Berücksichtigung des in Abbildung 29 vorgestellten Screendesigns.



Abbildung 30: Navigationsebenen von NanoTecLearn (eigener Screenshot)

Die User Interface-Elemente der Lernplattform wurden bereits bei der Beschreibung der Wissenszugänge genannt. Weitere interaktive Elemente umfassten die Verlinkungen im Text sowie zum Glossar. Links, z.B. zu anderen Booklets innerhalb des Fließtext, waren anhand eines dunkleren Fonts sowie an einer Unterstreichung erkennbar. Bei einem Mouse-Over färbten sich diese blau und der Mauszeiger veränderte sich, sodass dem Benutzer die Möglichkeit zur Interaktion deutlich gemacht wurde. Das Glossar enthielt als Unterpunkt in der Menü-Navigationsebene eine Liste von Fachbegriffen, die kurz unter Angabe einer entsprechenden Quelle definiert wurden. Innerhalb der Booklets waren die Begriffe analog zu den Links gestaltet – bei einem Mouse-Over erschien die Definition (siehe Abbildung 31). Der Benutzer war somit bei Unklarheiten nicht permanent gezwungen, auf die Glossarliste zuzugreifen und der Lesefluss konnte erhalten bleiben.

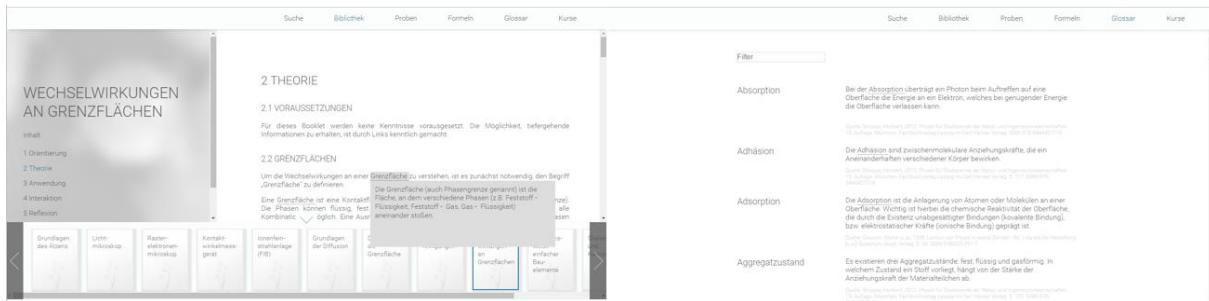


Abbildung 31: Visualisierung des Glossar Mouse-Over-Effekts (links) und der Glossar-Liste (rechts) (eigene Screenshots)

Spezifika der Implementierung von NanoTecLearn

Bei der Umsetzung der Lernplattform wurden die Prinzipien Konsistenz, Geschlossenheit, Einfachheit und Strukturiertheit (Krömker und Hoffmann 2017, S. 15) besonders berücksichtigt. Dieser Ansatz entsprach einem Single-Page-Design, bei dem ein einzelnes Hypertext Markup Language-Dokument (HTML) jeweils um dynamisch nachgeladene Inhalte ergänzt werden kann (Mikowski und Powell 2014, S. 4). Die Web-Applikation wurde auf Basis von HTML5, JavaScript und PHP: Hypertext Preprocessor (PHP) implementiert. Für die drei Wissenszugänge existierte zudem ein Backend-Bereich mit spezifischen Editoren zum Einpflegen und Bearbeiten von Inhalten. Dieser ermöglichte einen Zugriff auf die Inhaltsbibliotheken und eine Unterstützung des inhaltlichen Qualitätssicherungsprozesses. Das Bereitstellen spezifischer Datensätze zum Download im Frontend war ebenfalls möglich, um Inhalte in entsprechenden Anwendungsfällen lokal, offline zur Verfügung zu stellen (Krömker und Hoffmann 2017, S. 16). Der Editor stellte eine geeignete Möglichkeit für die Implementierung adaptiver Systemkomponenten dar. Die Abbildungen 32 und 33 veranschaulichen das Backend in Form der Inhaltsbibliotheken und des Editors der Booklets.

NanoTecLearn - Backend											
Inhalte			Suchindex	Booklet-Editor	Log						
Verfügbare Inhaltsbibliotheken											
<ul style="list-style-type: none"> • prototype • all 											
Einträge der Inhaltsbibliothek ntl											
id	type	title	location	file	Edieren	export	-	date	download		
9	booklet	Grundlagen des Atzens	booklet/Atzen	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
10	booklet	Lichtmikroskop	booklet/Lichtmikroskop	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
11	booklet	Rasterelektronenmikroskop	booklet/REM	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
12	booklet	Lichtmikroskop	booklet/Lichtmikroskop	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
22	formula	Von der Waals-Kraft	formula/von_der_waals	formula.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
23	formula	Diffusion	formula/diffusion	formula.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
24	sample	Siliciumras	sample/Siliciumras	sample.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
25	formula	Benzenzug	formula/benzenzug_wenzel	formula.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
26	booklet	Kontaktwinkelmessgerät	booklet/Kontaktwinkelmessgeraet	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
27	formula	REM-Modell	model/REM	model.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
28	booklet	Ionenfrenstahlange (FIB)	booklet/FIB	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
29	booklet	Grundlagen der Diffusion	booklet/Diffusion	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
30	formula	Kapillarkraft	formula/kapillarkraft	formula.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
31	formula	Partikel	formula/partikel	formula.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
32	booklet	Diffusion in die Grenzfläche	booklet/Diffusion_Grenzflaeche	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
33	booklet	Venurenungen	booklet/Venurenungen	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
34	booklet	Wechselwirkungen an Grenzflächen	booklet/Wechselwirkungen_Grenzflaechen	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
35	booklet	Funktionsweise einfacher Bauelemente	booklet/Bauelemente	booklet.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
36	model	3D-Modell Kontaktwinkelmessgerät	model/KWM	model.json	Edit	Export!	-	[unknown]			
37	model	3D-Modell Lichtmikroskop	model/LM	model.json	Edit	Export!	-	[unknown]			

Abbildung 32: Inhaltsbibliothek im Backend von NanoTecLearn (Krömker und Hoffmann 2017, S. 17)

NanoTecLearn - BookletEditor

Alte Version laden

Abschnitt 3 Anwendung [2]

Abbildung 8 Ablauf einer CVD-Beschichtung

57 58 <p>Bei der chemischen Gasphasenabscheidung wird ein Reaktionsgas verwendet, um die Reaktionen auf der Oberfläche zu leiten. Adhäsionen der Reaktanten auf der Oberfläche führen zu einer Schicht, es entsteht eine chemische Reaktion. Dabei entsteht eine neue Verbindung, die eine Schicht auf der Oberfläche bildet. Durch Oberflächendiffusion kommt es zum Schließen der Schicht. Bei der chemischen Gasphasenabscheidung entsteht außerdem ein flüchtiges Nebenprodukt, welches durch den Gasfluss wieder abgeführt werden muss. Der Ablauf ist in Abbildung 8 dargestellt.</p>

59 60 <div class="image"></div>

61

62 <div>Abbildung 8: Ablauf einer CVD-Beschichtung</div>

63 </div>

64 </div>

65 </div>

66 <p>Das Verfahren kann gegenüber PVD den Vorteil bieten, dass auch Kanten und dreidimensionale Strukturen gleichmäßig mit Material beschichtet werden. Prozessbedingt kommt es bei PVD (thermisches Verdampfen) zu Abschatteneffekten an Kanten, wodurch Konturen geplättet werden. Dies ist unerwünscht, da es zu unebenen, unebenen Schichten führt, jedoch nicht für eine strukturreine Beschichtung.</p>

67 <p>Bei der chemischen Gasphasenabscheidung wird ein Reaktionsgas verwendet, um die Reaktionen auf der Oberfläche zu leiten. Adhäsionen der Reaktanten auf der Oberfläche führen zu einer Schicht, es entsteht eine chemische Reaktion. Dabei entsteht eine neue Verbindung, die eine Schicht auf der Oberfläche bildet. Durch Oberflächendiffusion kommt es zum Schließen der Schicht. Bei der chemischen Gasphasenabscheidung entsteht außerdem ein flüchtiges Nebenprodukt, welches durch den Gasfluss wieder abgeführt werden muss. Der Ablauf ist in Abbildung 8 dargestellt.</p>

68 <div class="image"></div>

69

70 <div>Abbildung 8: Ablauf einer CVD-Beschichtung</div>

71 </div>

72 <div>FEHLERQUELLEN BEI DER HERSTELLUNG VON OBERFLÄCHEN</div>

73 <div>FEHLERQUELLEN IN DER HERSTELLUNG</div>

Auf dem Server als ältere Version speichern.

In der Mikrotechnik sind zwei Grundtypen der Gasphasenabscheidung vertreten: die chemische Gasphasenabscheidung (chemical vapor deposition, kurz CVD) und die physikalische Gasphasenabscheidung (physical vapor deposition, kurz PVD). Nachfolgend soll das CVD-Verfahren genauer beleuchtet werden. Das PVD-Verfahren wird im Booklet [Grundlagen der Diffusion](#) erläutert.

Bei der chemischen Gasphasenabscheidung wird ein Reaktionsgas verwendet, um Reaktanten zur Oberfläche eines zu beschichtenden Substrates zu leiten. Adhäsionen der Reaktanten auf der Oberfläche führen zu einer Schicht, es entsteht eine chemische Reaktion. Dabei entsteht eine neue Verbindung, die eine Schicht auf der Oberfläche bildet. Durch Oberflächendiffusion kommt es zum Schließen der Schicht. Bei der chemischen Reaktion von Gas- und Festkörpermolekülen entsteht außerdem ein flüchtiges Nebenprodukt, welches durch den Gasfluss wieder abgeführt werden muss. Der Ablauf ist in Abbildung 8 dargestellt.

Abbildung 8 Ablauf einer CVD-Beschichtung

Abbildung 33: Editor der Booklets (links HTML, rechts Live-Vorschau) (Krömker und Hoffmann 2017, S. 17)

Vorstudie zur Evaluation des Instruktionsdesigns von NanoTecLearn

Eine erste Vorstudie der nicht-adaptiven Version von NanoTecLearn wurde mithilfe einer Expertenbefragung im Wintersemester 2017/18 durchgeführt, bei der fünf an der Entwicklung beteiligte Personen zur motivationsförderlichen Gestaltung der Plattform befragt wurden. Als Guidelines für die Strukturierung der Befragung dienten aus dem ARCS-Modell (siehe Abschnitt 3.2.2) abgeleitete Strategien zur Förderung der vier Hauptkomponenten Aufmerksamkeit, Relevanz, Erfolgzuversicht und Zufriedenheit. Abbildung 34 zeigt die jeweils zugehörigen Strategien zur Gestaltung motivationsförderlicher Lernmaterialien. Dabei wurden Kellers Ausgangsversion der Strategien berücksichtigt und zusätzliche Empfehlungen zur Gestaltung multimedialer Lernsysteme einbezogen (Zander und Heidig 2018, S. 12–20; Keller 1987).

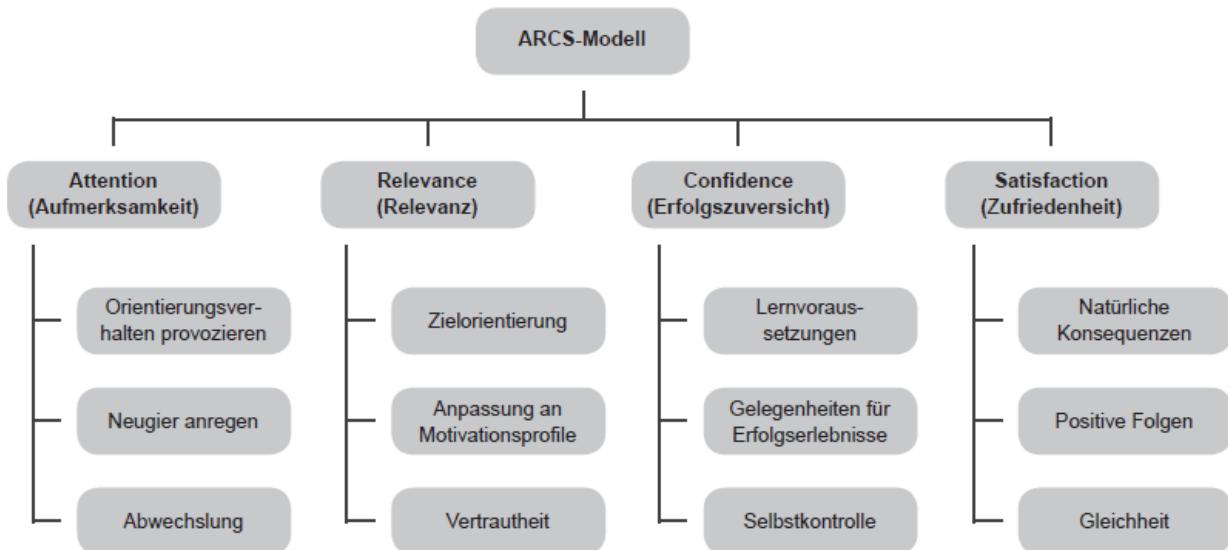


Abbildung 34: ARCS-Modell und dazugehörige Hauptkategorien zur Evaluation von NanoTecLearn (angepasst nach Köhler 2018, S. 18 auf Basis von Keller 1987)

Die Daten wurden im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit erhoben und ausgewertet (Köhler 2018). Die Knergebnisse werden nachfolgend zusammengefasst und sollen als erste Einschätzung der Motivationsförderlichkeit der nicht-adaptiven Version von NanoTecLearn dienen:

Attention:

- Eine Inhaltliche Vielseitigkeit war aufgrund zahlreicher praxisnaher Beispiele und interaktiver Elemente in angemessenem Maß gegeben, ebenso ein ansprechendes User Interface Design.
- Die Benutzerführung und die Aufteilung der langen Textabschnitte sollten optimiert werden.
- Die Integration zusätzlicher Hinweise oder Elemente zur Aufmerksamkeitsgenerierung sollte angemessen dosiert und abgewogen werden.
- Aufgrund der vermittelten Inhalte und der angedachten Seriosität der Plattform sollte auf Aufmerksamkeitselemente, wie Konflikt oder Humor, verzichtet werden.

Relevance:

- Auswahlmöglichkeiten waren aufgrund der permanent zugänglichen vielfältigen Wissenszugänge bereits angemessen gegeben.
- Lernziele sollten pro Booklet integriert werden, um die Relevanz der Themen zu veranschaulichen.
- Von Seiten der Universität sollten im Sinne der Relevanz Anreize zur Nutzung von E-Learning Plattformen gegeben werden.
- Die Integration einer persönlichen Benutzeransprache, von interaktiven Zusatzinformationen und spielerischen Elementen sollte hinsichtlich der Entwicklungsaufwands kritisch geprüft werden.

Confidence:

- Erfolgzuversicht konnte mithilfe der Inhaltsübersicht und der Orientierungsabschnitte bereits angemessen geweckt werden.
- Selbstkontrolle war aufgrund des selbstregulierten, explorativen Ansatzes der Plattform und dem somit frei wählbaren Lerntempo und Lerninhalten bereits angemessen umgesetzt.
- Lernziele, Feedbackmechanismen und interaktive Testaufgaben mit Lösungen sollten zusätzlich integriert werden, wobei der Aufwand der Implementierung berücksichtigt werden sollte.
- Die Vermittlung von Erfolgserlebnissen wäre in Form der Überführung der Plattform in ein adaptives System oder durch eine kontinuierliche Wissensabfrage möglich.

Satisfaction:

- Die Übersichtsdarstellung der Inhalte und die visuelle Konsistenz der Plattform war aufgrund des Styleguides in angemessenem Maß gegeben.
- Die Integration von internen Feedbackmechanismen sollte neutral gehalten werden, um Abnutzungerscheinungen hinsichtlich der Wirksamkeit vorzubeugen.
- Externe Leistungsbeurteilungen durch Lehrende sollten nicht integriert werden, da der selbstregulierte Lernansatz erhalten werden sollte und zudem keine Benutzerkonten angelegt werden sollten.
- Die Integration von Kursangeboten und Planungswerkzeugen war entsprechend des Untersuchungsschwerpunkts Adaptation im Kontext der Veränderung der Lernmotivation nicht erforderlich.

4.4 Beschreibung des Untersuchungsdesigns

Nach der Beschreibung des Fallbeispiels und der Benennung der übergeordneten und studienspezifischen Forschungsfragen und Hypothesen (siehe Abschnitt 4.2) wird nachfolgend das Untersuchungsdesign vorgestellt. Die in Kapitel 3 beschriebene Wechselbeziehung zwischen Personen- und Situationsfaktoren im Kontext der Lernmotivation spiegelte sich darin ebenfalls wider. Das theoretische und methodische Gerüst bildete das in Abschnitt 3.2 umfassend vorgestellte und operationalisierte Prozessmodell der Lernmotivation. Die Evaluation erfolgte zum einen hinsichtlich des Umgangs der Lernenden mit der E-Learning Plattform und den resultierenden Ausprägungen der Lernmotivation. Zum anderen wurden die Lernplattform und die im Prozess der Weiterentwicklung entstandenen adaptiven Systemvarianten evaluiert. Die Zusammenfassung des Vorgehens wird in Abbildung 35 dargestellt. Dies dient als detaillierte Beschreibung des in Abbildung 1 in Abschnitt 1.2 eingeführten Untersuchungsdesigns und als Grundlage der Kapitel 5, 6 und 7.

Die Beantwortung der zentralen Fragestellung des Einflusses adaptiven E-Learnings auf die Lernmotivation wurde in drei Phasen als Überführung der nicht-adaptiven Ausgangsversion von NanoTecLearn in ein AEHS realisiert (mittlere Zeile „Plattformversionen“ in der Abbildung). Für die drei Entwicklungsphasen existierten gemäß der Abbildung zwei Ebenen der Bewertung. Auf der oberen Ebene wurde das Lernen mit NanoTecLearn unter motivationalen Gesichtspunkten untersucht (obere Zeile „Evaluation der Lernmotivation“ in der Abbildung) und auf der unteren Ebene die Benutzerfreundlichkeit der Lernplattform sowie der Adaptation (untere Zeile „Evaluation der Plattform“ in der Abbildung). Die Anzahl der Probanden, die pro Studie teilnahmen, ist in der Abbildung jeweils in Klammern den betreffenden Untersuchungen zugeordnet.

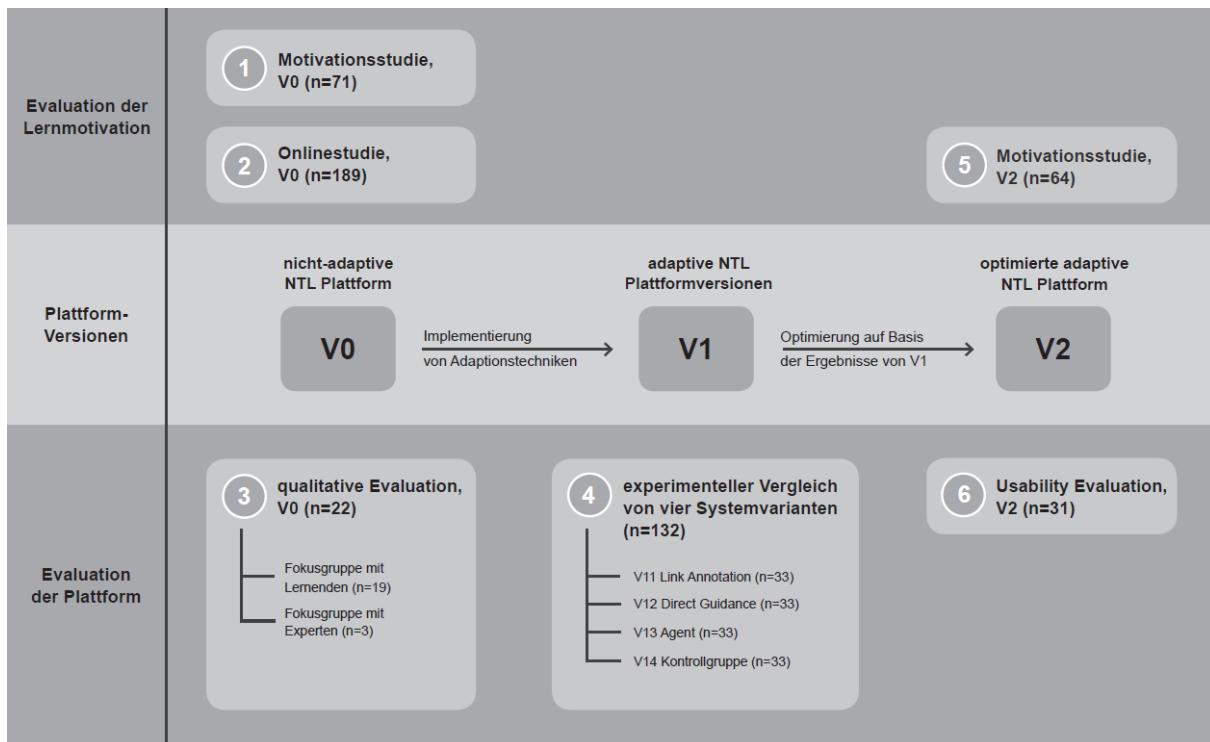


Abbildung 35: Dreiphasiges Untersuchungsdesign zur Evaluation der Lernmotivation und Adaptation anhand des Fallbeispiels NanoTecLearn (eigene Darstellung)

Die Datenerhebung und -auswertung erfolgte mithilfe eines Mixed-Methods-Ansatzes als Verbindung qualitativer und quantitativer Anteile. Für die Laborstudien mit großer Probandenzahl wurden theoretische Konstrukte in messbare Größen überführt und in Form von Variablen spezifischer Ausprägung statistisch ausgewertet, mit dem Ziel der Theorie- und Hypothesenprüfung. Ergänzt wurden diese Befunde zudem stets um qualitative Anteile, die interpretativ vorgenommen, um unerwartete Ergebnisse besser abbilden zu können (Döring und Bortz 2016, S. 184). Zum Einsatz kamen diese Methoden weiterhin bei Untersuchungen mit kleinen Stichproben zur Konzeption der adaptiven Systemvarianten, um die Anforderungen möglichst differenziert und direkt erheben zu können. Innerhalb des Mixed-Methods-Vorgehens wurde ein Vertiefungsmodell genutzt, bei dem qualitative auf quantitative Erhebungen folgten, um nach fragebogenbasierten Erhebungen mithilfe von Leitfadeninterviews oder Freitextantworten zusätzliche Einsichten zu erhalten (ebd., S. 185).

Erste Phase des Untersuchungsdesigns

Die nicht-adaptive Plattformversion V0 (beschrieben in Kapitel 5) markierte den Beginn des Untersuchungsdesigns. Auf Benutzerseite wurde eine Laborstudie zur Erhebung der Lernmotivation und des Motivationsverlaufs im Umgang mit NanoTecLearn auf Basis des Prozessmodells der Lernmotivation durchgeführt. Als Ergänzung diente dahingehend eine Onlinestudie zur Analyse der motivationalen Personenfaktoren und der allgemeinen E-Learning Akzeptanz der für die Evaluation zur Verfügung stehenden Population der Studierenden der Technischen Universität Ilmenau. Dies sollte

dazu dienen, die Ergebnisse und Aussagekraft der nachfolgenden Studien besser einordnen zu können, indem zusätzliche Einschätzungen erhoben wurden, die aufgrund des Umfangs innerhalb der Laborstudien den Lernenden nicht zumutbar gewesen wären. Auf Systemseite kamen qualitative Methoden zur Anforderungserhebung hinsichtlich der Gestaltung der Adaptation und der Identifikation geeigneter Adaptationstechniken zum Einsatz (Fokusgruppen mit Studierenden und mit Experten in den Bereichen Didaktik, E-Learning Technologie und Usability). Der Erhebungszeitraum der V0-Studien erstreckte sich über das Wintersemester 2017/18 (konkrete Zeitangaben werden in den Abschnitten von Kapitel 5 angegeben).

Zweite Phase des Untersuchungsdesigns

Diese Ergebnisse führten zur ersten Entwicklungsstufe adaptiver Systemvarianten V1, die in Kapitel 6 vorgestellt werden. Schwerpunkt war neben dem Vergleich geeigneter Adaptationstechniken der adaptiven Navigationsunterstützung (siehe Abschnitt 2.4.2) die Entwicklung eines motivationsbasierten Adaptationsmechanismus unter Verwendung von Motivationsindikatoren, die in den qualitativen Erhebungen als geeignet identifiziert wurden. Im Rahmen dieser Entwicklungsstufe stand die Evaluation der drei adaptiven Plattformversionen im Vergleich zur nicht-adaptiven Plattformversion, die als Kontrollgruppe diente, im Vordergrund. Hierfür wurde ein experimentelles Design zur Erhebung des Motivationsverlaufs, des Kontrollempfindens, der User Experience und der Technologieakzeptanz in Form einer Laborstudie entwickelt. Die Studie wurde im Sommersemester 2018 durchgeführt.

Dritte Phase des Untersuchungsdesigns

Die finale Plattformversion V2 wird in Kapitel 7 vorgestellt. Sie bildete den Abschluss des Untersuchungsdesigns. Schwerpunkte waren zunächst die Konsolidierung der Ergebnisse der Vergleichsstudie mit den Varianten von V1 und anschließend die Implementierung eines finalen Adaptationsmechanismus. Auf Seiten der Benutzerevaluation wurde im Wintersemester 2018/19 eine Laborstudie unter Verwendung des Studiendesigns der Erhebung mit V0 durchgeführt, um zu ermitteln, inwiefern sich der Motivationsverlauf von adaptiver und nicht-adaptiver Plattformvariante unterschied. Damit sollte insbesondere die zentrale Fragestellung der Arbeit beantwortet werden, inwiefern adaptives E-Learning die Lernmotivation im Vergleich zur Ausgangsversion der Lernplattform fördern könnte. Den Abschluss bildete im Sommersemester 2019 eine Erhebung, die die Beurteilung der Learning Experience analog zur Vergleichsstudie mit den adaptiven Systemvarianten V1 erfasste, um feststellen zu können, inwiefern das finale AEHS tatsächlich eine Verbesserung gegenüber den vorherigen Entwicklungsstufen darstellte.

5 Erste Phase des Untersuchungsdesigns: Studien zu Lernmotivation und Konzeption von Adaptationstechniken

In der ersten Phase des Untersuchungsdesigns sollten die Lernmotivation beim Lernen mit der Ausgangsversion von NanoTecLearn als Vergleichswert für das spätere adaptive System und motivationale Personenfaktoren der Population untersucht werden (siehe Abschnitte 5.1 und 5.2). Weiterhin wurden geeignete Adaptationstechniken mithilfe qualitativer Forschungsmethoden identifiziert und auf deren mögliche Eignung hin überprüft (siehe Abschnitte 5.3 und 5.4). Die Beschreibung der Teilstudien folgt einem einheitlichen Muster (dies gilt ebenso für die Teilstudien der Kapitel 6 und 7):

- Im ersten Schritt werden die für die Studien verwendeten Untersuchungsinstrumente vorgestellt und das Untersuchungsdesign beschrieben. Dies beinhaltet zudem die Überführung der zu überprüfenden theoretischen Konstrukte in messbare Größen, das heißt die Operationalisierung (Döring und Bortz 2016, S. 228).
- Im zweiten Schritt werden der idealtypische Ablauf der Untersuchung und die Eckdaten der Durchführung, z.B. Untersuchungszeitraum und Testumgebung, beschrieben.
- Im dritten Schritt erfolgt die Datenauswertung in Form der Stichprobenbeschreibung sowie der Darstellung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der für die Teilstudien formulierten Forschungsfragen und Hypothesen. Weitere Bestandteile sind zudem jeweils eine kritische Würdigung der Methode und Ergebnisse sowie eine Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse der Studie.

5.1 Motivationsstudie im Kontext der nicht-adaptiven Plattformversion

Wie in Abbildung 35 in Abschnitt 4.4 bereits aufgezeigt, wurde die Lernmotivation beim Lernen mit der E-Learning Plattform zu zwei Zeitpunkten im Gesamtstudienkontext untersucht. Die erste Untersuchung, nachfolgend als Motivationsstudie 1 bezeichnet, hatte die nicht-adaptive Ausgangsversion von NanoTecLearn als Grundlage. Die Studie fand im Wintersemester 2017/18 im Zeitraum 19.12.2017-28.02.2018 statt und wurde als Laborstudie mit einer Stichprobe von 71 Studierenden am Fachgebiet Medienproduktion der Technischen Universität Ilmenau durchgeführt. Im Kontext der Studie sollte eine möglichst selbstregulierte Lernsituation unter Laborbedingungen geschaffen werden. Der Fokus lag auf der Erfassung motivationaler Konstrukte, die vorrangig der Untersuchung der Initiierung von Lernverhalten, der Anstrengung und Ausdauer während des Lernens und der Zufriedenheit nach dem Lernen dienen sollten. Das Studiendesign entsprach einer Mikroanalyse mit wiederholten Messungen, die die Studierenden möglichst wenig unterbrechen

sollten (Zimmerman 2011, S. 61). Dazu sollte auf Seiten der E-Learning Plattform zur besseren Vergleichbarkeit ein vorab festgelegtes Kapitel von NanoTecLearn bearbeitet werden, das zudem alle drei Wissenszugänge der Plattform adressierte (siehe Abschnitt 4.3).

Die Motivationsstudie 1 sowie deren zugehörige Forschungsfragen und Hypothesen deckten unterschiedliche Untersuchungsschwerpunkte ab (siehe Abschnitt 4.2). Von besonderem Interesse, auch im Hinblick auf den Vergleich der Ergebnisse mit der adaptiven Lernplattform, war die Fragestellung, ob eine merkliche Änderung motivationaler Größen im Verlauf einer solch begrenzten Lerndauer überhaupt feststellbar sein würde. Dies wäre eine wichtige Voraussetzung für die geplante möglichst kontinuierliche Anpassung von Lerninhalten oder der Benutzerführung während des Lernens. Verlaufsmessungen deckten bisher oftmals lediglich größere Untersuchungszeiträume ab, wie z.B. ganze Semester, inklusive der Einbindung in bestehende Lehrveranstaltungen, (Engeser 2005) oder die Anwendung der Experience Sampling Methode zur Erfassung von Erlebensdaten im Alltag (Rheinberg 2010, S. 377; Roduner et al. 2001). Ein weiterer Studienfokus war die Untersuchung der Auswirkungen von motivationalen Einflussgrößen auf die Lernresultate sowie die allgemeine Einschätzung der nicht-adaptiven Ausgangsversion unter motivationsförderlichen Gesichtspunkten. Es sollte somit untersucht werden, inwiefern die Lernplattform in der Ausgangsversion bereits als motivierend aufgefasst wurde oder ob eine etwaige Ablehnung des Systems womöglich eine potenzielle Störgröße bei der Bewertung der später implementierten Adaptationstechniken darstellen könnte. Für die Durchführung der Motivationsstudie 1 wurde primär auf bestehende Fragebögen und Motivationsmodelle zurückgegriffen. Diese werden im nachfolgenden Abschnitt vorgestellt.

5.1.1 Operationalisierung und verwendete Untersuchungsinstrumente

Das Untersuchungsdesign basierte auf dem in Abschnitt 3.2 in Abbildung 16 vorgestellten Prozessmodell der Lernmotivation beim selbstregulierten Lernen (Rheinberg et al. 2000, S. 505) und wurde für den Untersuchungskontext entsprechend operationalisiert. Das daraus entstandene Modell wird in Abbildung 36 dargestellt. Zur Abfrage der einzelnen auf dem Vorgehensmodell basierenden Konstrukte wurde ein in Anhang A1.1 vollständig dargestellter Fragebogen erstellt. Die Bestandteile werden nachfolgend entsprechend der nummerierten Boxen der Abbildung des Prozessmodells beschrieben. Die Bedingungsfaktoren für das Zustandekommen einer aktuell wirksamen Motivation entsprachen der in Abschnitt 3.1.1 bereits benannten Wechselbeziehung zwischen Personen- und Situationsfaktoren gemäß des Grundmodells der Motivationspsychologie (Rheinberg und Vollmeyer 2018, S. 70).

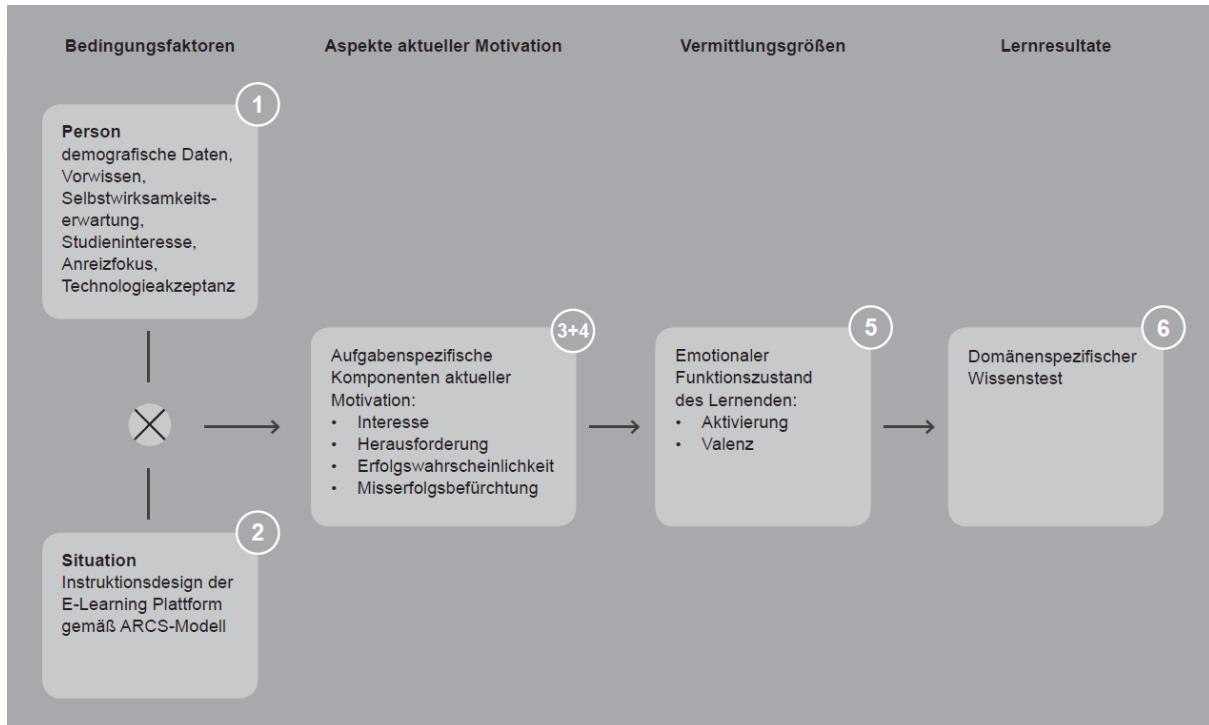


Abbildung 36: Operationalisiertes Prozessmodell der Lernmotivation (eigene Darstellung auf Basis der Anpassungen von Engeser 2005, S. 52 und Bachmann 2009, S. 50)

Box 1: Personenfaktoren

Die Personenfaktoren umfassten hauptsächlich demografische Daten. Neben den Angaben zu Alter und Geschlecht lag der Fokus auf studienspezifischen Angaben, wie Studiengang, Abschluss und Fachsemester. Ein weiterer Parameter war das domänen spezifische Vorwissen im Bereich Mikrotechnik. Da die Untersuchung aufgrund einer Neubesetzung der Professur am inhaltlich verantwortlichen Fachgebiet Mikromechanische Systeme an der Technischen Universität Ilmenau nicht im Rahmen einer Lehrveranstaltung durchgeführt werden konnte, war von einer fachlich diverseren Stichprobe, als ursprünglich vorgesehen, auszugehen. Aufgrund dessen sollte vorab das Vorwissen, das für ein besseres Verständnis der Inhalte der Lernplattform empfohlen wurde, abgefragt werden. Die Vorwissensabfrage bestand zum einen aus einer Selbsteinschätzung in Form einer binären Entscheidung, ob Vorwissen im Bereich Mikrotechnik vorlag oder nicht. Zum anderen mussten die Studierenden einen Vorwissenstest mit sechs Multiple-Choice-Fragen ausfüllen. Der vollständige Test und das zugehörige Scoring sind in Anhang A1.2 zu finden. Der Test und die Fragen wurden von Lehrverantwortlichen des Fachgebiets Mikromechanische Systeme erstellt und zur Verfügung gestellt. Die Abfrage motivational relevanter Personenfaktoren erfolgte auf Basis der Eingrenzung in Abschnitt 3.2.1, wobei aus forschungökonomischen Gründen nur der situativ bedeutsame Faktor Selbstwirksamkeitserwartung direkt in der Motivationsstudie 1 abgefragt wurde, um die Menge an auszufüllenden Fragebogeninstrumenten für die Probanden in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Dieses Konstrukt wurde mittels einer übersetzten Version der New General Self-Efficacy Scale (NGSES)

erfasst (Chen et al. 2001). Es handelte sich dabei um eine eindimensionale Skala mit acht Items, die mithilfe einer fünfstufigen Likert-Skala abgefragt wurden. Die Selbstwirksamkeitserwartung wurde für die Studie als bedeutsam erachtet, da die Erfolgserwartung als eine wichtige Bedingungsgröße für das Zustandekommen von Motivation in Leistungssituationen angesehen wird (Schiefele und Urhahne 2000, S. 185). Die Selbstwirksamkeit entsprach in ihrer Konzeption als Zuversicht hinsichtlich des Ausführens von Handlungen oder Erreichens von Zielen diesem Anspruch und wies zudem konzeptionelle Ähnlichkeiten mit anderen Bestandteilen der in der Motivationsstudie 1 integrierten Fragebögen zur aktuellen Motivation und zum Instruktionsdesign auf. Die Personenfaktoren Studieninteresse, Technologieakzeptanz und Anreizfokus wurden mithilfe einer Onlinestudie für eine größere Stichprobe erfasst, um deren Ausprägung in der untersuchten Population zu untersuchen (siehe Abschnitt 5.2).

Box 2: Situationsfaktoren

Situationsspezifische Merkmale oder Anreize sind wie in Abschnitt 3.2.2 bereits angemerkt eine wichtige Bedingungsgröße für das Zustandekommen von Motivation und besitzen einen Aufforderungscharakter zur Umsetzung von Absichten in konkrete Handlungen (Niegemann et al. 2008, S. 362). Da die Untersuchung in einem Laborkontext stattfand und nicht in eine Lehrveranstaltung eingebunden war, blieben übergeordnete Aspekte des Studiums, die als Situationsfaktoren wirksam werden könnten, wie Kommilitonen, Lehrverantwortliche oder der inhaltliche Aufbau einer Vorlesungsreihe, unberücksichtigt. Der Fokus lag somit ausschließlich auf der E-Learning Plattform und dem Instruktionsdesign unter motivationalen Gesichtspunkten. Zur Anwendung kam diesbezüglich das in Abschnitt 3.2.2 bereits vorgestellte ARCS-Modell (Keller 2010), das heißt es wurde evaluiert, inwiefern NanoTecLearn die Unterstützung der Aufmerksamkeit der Studierenden (Attention), die Verdeutlichung der Bedeutsamkeit der Lerninhalte (Relevance), die Unterstützung der Empfindung von Erfolgzuversicht (Confidence, mit Bezug zu Selbstwirksamkeit) und die Förderung der allgemeinen Zufriedenheit (Satisfaction) ermöglichen konnte. Der Gestaltung von E-Learning Plattformen wird eine Bedeutung für den Einfluss auf aktuelle wirksame Motivation sowie Anstrengung, Lerndauer und Wohlbefinden zugeschrieben (Zander und Heidig 2018, S. 11). Aus diesem Grund erschien der gewählte Fokus der Analyse der Situationsfaktoren zweckdienlich, auch um das Instruktionsdesign der Ausgangsversion der Plattform einmalig vor dem Hinzufügen adaptiver Elemente aus Sicht der Lernenden zu evaluieren.

Die Abfrage der Motivationsförderlichkeit des Instruktionsdesigns gemäß dem ARCS-Modell erfolgte mithilfe des von Keller entwickelten Instructional Materials Motivation Survey (IMMS). Dieser aus insgesamt 36 Items mit fünfstufiger Likert-Skala bestehende Fragebogen wurde für die Durchführung der Motivationsstudie 1 übersetzt und angepasst. Da der Fragebogen in seiner vollständigen Version laut Keller offen für Anpassungen und Kürzungen entsprechend eines spezifischen

Untersuchungskontexts ist (Keller 2010, S. 282–285), wurde eine Reduktion auf 17 Items vorgenommen, um den Aufwand der Fragebogenbearbeitung für die Probanden zu minimieren. Fünf Items des Attention-Faktors wurden übernommen sowie jeweils vier Items der anderen drei Faktoren. Als weiterer Bestandteil dieses Untersuchungsschwerpunkts wurde zudem ein Kurzinterview mit Fragen zur offenen Selbsteinschätzung des Lernprozesses mit NanoTecLearn und Verbesserungsvorschlägen zur Plattform erstellt. Ein Anliegen dieser Abschlussbefragung war die Identifikation erster Potenziale zur Integration adaptiver Systemkomponenten in späteren Phasen des Entwicklungsprozesses. Der aus drei Fragekomplexen bestehende Interviewleitfaden ist im Anhang A1.1 im Anschluss an den Online-Fragebogen zu finden.

Box 3 und 4: Aktuelle Motivation

Die im Ausgangsmodell nach Rheinberg et al. (siehe Abbildung 16 in Abschnitt 3.2) getrennten Boxen zur aktuellen Motivation wurden für die Motivationsstudie 1 zu einer gemeinsamen Betrachtung zusammengefasst, wobei der Fokus auf der Ermittlung der situationsspezifisch aktuell wirksamen Motivation lag (für eine vergleichbare Zusammenfassung siehe Bachmann 2009). Zur Erhebung wurde der Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation (FAM) verwendet, der für diesen Untersuchungsschwerpunkt und speziell für Lern- und Leistungssituationen entworfen wurde (Rheinberg et al. 2001). Der Fragebogen bestand aus den vier Faktoren Interesse, Herausforderung, Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung und umfasste 18 Items, die mit einer siebenstufigen Likert-Skala abgefragt wurden. Einige Items wurden in ihrer Formulierung dem Untersuchungskontext der Evaluation einer E-Learning Plattform angepasst. Die Faktoren Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung und Herausforderung des FAM adressierten Aspekte der Leistungsmotivation (siehe Abschnitt 3.1.3) in Form der Hoffnung auf Erfolg oder des Vermeidens von Misserfolg sowie die Einschätzung der Lernsituation als leistungsbezogene Aufgabenstellung. Beim Faktor Interesse handelte sich um situatives Interesse in Form einer Wertschätzung der zu vermittelnden Lerninhalte (ebd., S. 5-6). Dieser Wertschätzung wurden neben motivationalen auch affektive Aspekte beigemessen, was für die spätere Betrachtung der Vermittlungsgrößen eine Rolle spielen sollte (Bachmann 2009, S. 51). Insgesamt waren die Faktoren als unabhängig aufzufassen, das heißt deren Ausprägung und Kombination konnte sich je nach Person und Lernsituation unterscheiden. Der Fragebogen wird als sensibel für spezifische Aufgabenstellungen beschrieben und sollte entsprechend der Definition der Leistungsmotivation (siehe Abschnitt 3.1.3) in Leistungssituationen in Verbindung mit einem Tüchtigkeitsmaßstab angewendet werden (Rheinberg et al. 2001, S. 8–9).

Box 5: Vermittlungsgrößen

Dieser Aspekt sollte im Kontext der Motivationsstudie 1 aus forschungsoökonomischen Gründen und um eine wiederholte Erhebung während der Untersuchung mit geringer Unterbrechungszeit zu ermöglichen, passend eingegrenzt werden. Engeser untersuchte z.B. die Lernzeit, das Flow-Erleben, die Konzentration und Aufmerksamkeit sowie das emotionale Befinden; hatte dafür jedoch auch einen deutlich größeren Untersuchungszeitraum (Engeser 2005, S. 51–53). Die Eingrenzung innerhalb der Studie erfolgte letztendlich auf das emotionale Befinden. Die affektive Komponente wurde bereits beim Interessenfaktor des FAM und der damit einhergehenden Wertschätzung angesprochen. Rheinberg betonte zudem explizit die Integration des Begriffs „aktivierend“ in seiner Motivationsdefinition (siehe Abschnitt 3.1.1) und das Vorhandensein der Dimensionen Aktivierung und Valenz im Circumplex-Modell nach Schallberger (siehe Abbildung 21 in Abschnitt 3.2.4) (Rheinberg 2010, S. 376). Es wurde daher angenommen, dass Zusammenhänge zwischen der auf Basis des FAM konzipierten aktuellen Motivation und des emotionalen Befindens gemäß der Kurzskala zur Erfassung der positiven Aktivierung, negativen Aktivierung und Valenz (PANAVA-KS) nach Schallberger identifizierbar sein würden. Dieses Instrument erfasste die drei benannten Faktoren mithilfe von zehn Items und einer siebenstufigen Skala, die aus Adjektiv-Gegensatzpaaren bestand und speziell für Experience Sampling-Studien und somit kurze Bearbeitungsdauern entworfen wurde (Schallberger 2005, S. 20–22). Engeser konnte bei einer Mikroanalyse unter Verwendung des FAM und der PANAVA-KS bereits Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und emotionalem Befinden aufzeigen. Das von ihm zusätzlich untersuchte Flow-Erleben trug darüber hinaus keinen bedeutsamen Teil zur Varianzaufklärung der Klausurleistung bei und wurde daher in der Motivationsstudie 1 nicht berücksichtigt (Engeser 2005, S. 165).

Box 6: Lernresultate

Den Abschluss des operationalisierten Prozessmodells bildete die Überprüfung von Kompetenz- und Wissenszuwachs mithilfe eines schriftlichen Abschlusstests, der aus sieben Multiple-Choice Aufgaben bestand. Analog zum Vorwissenstest wurden die Fragen ebenfalls von den Lehrverantwortlichen des Fachgebiets Mikromechanische Systeme zur Verfügung gestellt und deckten typische klausurnahe Aufgabenstellungen des gewählten Themenbereichs ab. Der vollständige Test und das zugehörige Scoring ist dem Anhang A1.2 zu entnehmen. Da die Studie nicht in eine Lehrveranstaltung integriert werden konnte, war eine Einschätzung der Lernresultate z.B. über eine Auswertung von Klausurergebnissen und die damit einhergehende umfassende Vorbereitung auf die Prüfungssituation nicht möglich. Aus diesem Grund wurde der Einzeltest nach Bearbeitung der Inhalte als Alternative gewählt.

5.1.2 Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchung fand im Wintersemester 2017/18 mit 71 Studierenden als Laborstudie statt. Die Akquise von Studierenden erfolgte über studentische E-Mail-Verteiler. Der Teilnahmeaufruf adressierte insbesondere Studierende aus natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen der Technischen Universität Ilmenau, die im Studium mit dem Themenbereich Mikrotechnik in Berührung kamen. Da das Angebot von Lehrveranstaltungen in diesem Bereich sehr differenziert war, erfolgte keine Begrenzung auf angestrebte Bachelor- oder Masterabschlüsse. Eine Herausforderung bei der Akquise bestand darin, dass die adressierten Studiengänge meist nur sehr geringe Studierendenzahlen aufwiesen. Aus diesem Grund wurde die Untersuchung gegen Ende hin auch für fachfremdere Studiengänge geöffnet. Diese Öffnung sollte zudem die Einschätzung der Verständlichkeit der Inhalte von NanoTecLearn über verschiedene Vorwissen-Stufen hinweg ermöglichen. Eine Teilnahme an der Studie wurde darüber hinaus mit einem Probandenhonorar von 20 € vergütet, das über das vom BMBF geförderte Forschungsprojekt SensoMot abgedeckt wurde. Von Seiten des Instituts für Medientechnik der Technischen Universität Ilmenau wurde für die Studiendurchführung ein Computerlabor zur Verfügung gestellt. Die Probanden konnten sich selbstständig via Online-Abstimmung für einen Tages- und Zeitslot eintragen. Pro Untersuchungsslot standen bis zu sechs Computer-Arbeitsplätze zur Verfügung.

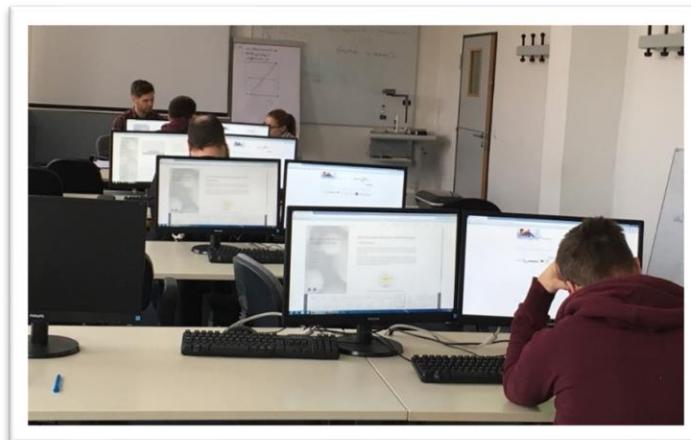


Abbildung 37: Untersuchungssetting der Motivationsstudie 1 (Foto zur Verfügung gestellt von Jacqueline Schuldt)

Abbildung 37 zeigt ein Foto des Untersuchungssettings. Die Studierenden arbeiteten an zwei Bildschirmen. Der linke Bildschirm zeigte jeweils die Lernplattform NanoTecLearn und der rechte Bildschirm, den mit der Unipark-Software erstellten, begleitenden Online-Fragebogen (siehe Anhang A1.1). Das parallele Einsehen beider Bildschirme sollte das Übersehen von Fragebogenbestandteilen und zugehöriger Instruktionen verhindern. Abbildung 38 zeigt den Ablauf und die Bestandteile der Untersuchung, die grundsätzlich in drei Teile untergliedert wurde.

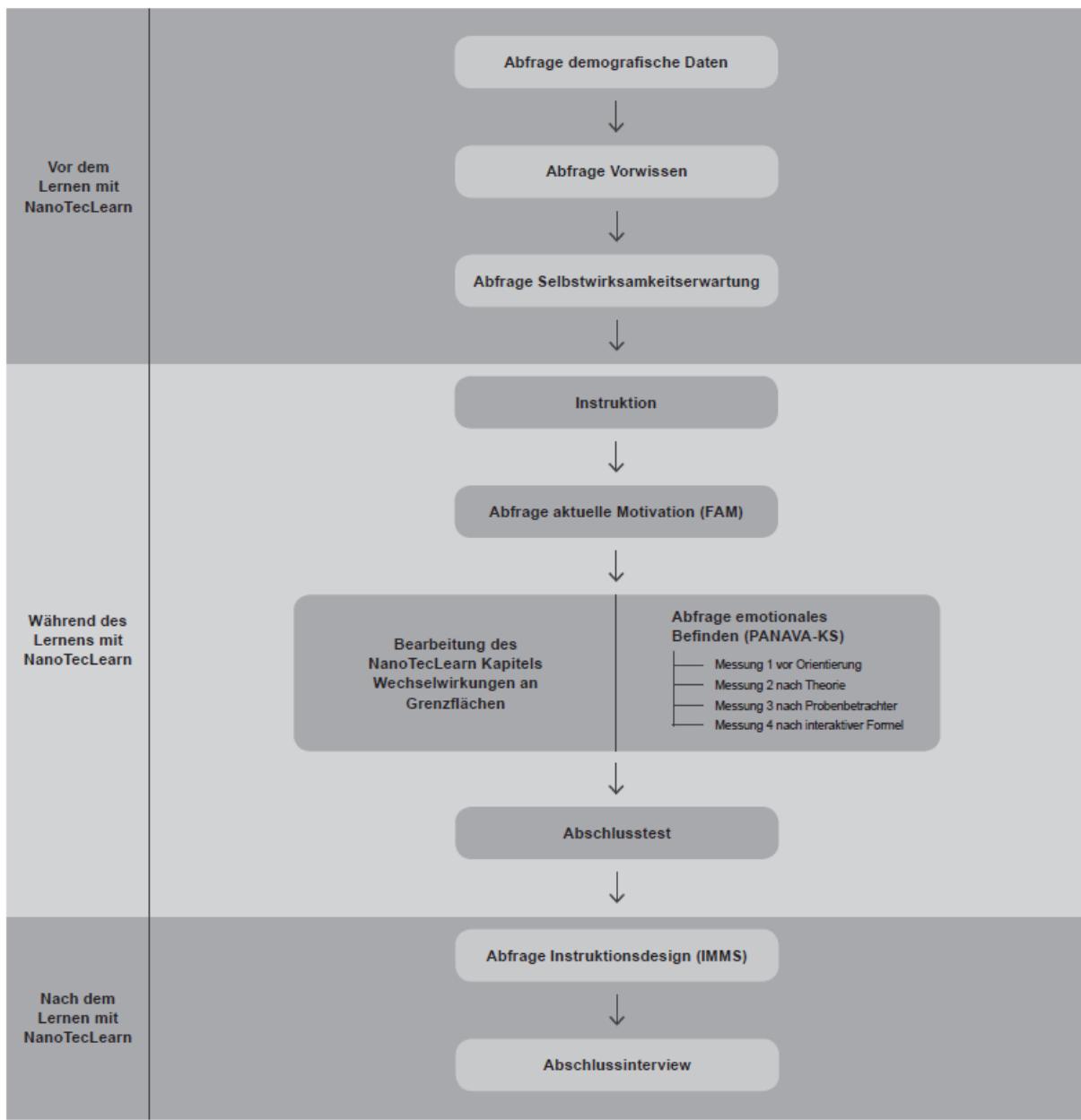


Abbildung 38: Ablauf und Bestandteile der Motivationsstudie 1 (eigene Darstellung)

Vor dem Lernen mit NanoTecLearn

In dieser Phase erfolgte eine Begrüßung und Vorstellung des Studienablaufs durch einen während der Session permanent anwesenden Testleiter. Daraufhin wurden die Studierenden an einen mit einer Probandennummer versehenen Arbeitsplatz geführt und die Bearbeitung des Online-Fragebogens (rechter Bildschirm) begann mit der Abfrage der demografischen Daten. Die Vorwissensabfrage erfolgte mithilfe einer ausgedruckten Version des Vorwissenstests, der nach dem Ausfüllen vom Testleiter eingesammelt und ausgewertet wurde. Die Phase schloss mit der Abfrage der Selbstwirksamkeitserwartung ab.

Während des Lernens mit NanoTecLearn

Der Hauptteil der Untersuchung wurde mit einer allgemeinen Instruktion und Aufgabenstellung eingeleitet, gefolgt von der Abfrage der aktuellen Motivation mithilfe des FAM. Die darauffolgende Anweisung zur Bearbeitung des ausgewählten Kapitels „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ von NanoTecLearn gab eine Empfehlung von 40-45 Minuten Bearbeitungszeit. Das Booklet wurde für die Bearbeitung gewählt, da während der Untersuchung möglichst alle drei Wissenszugänge der E-Learning Plattform enthalten sein sollten (Text, Probe und Formel – siehe Abschnitt 4.3), was bei diesem Kapitel gegeben war. Zudem setzte das Booklet keine fachspezifischen Vorkenntnisse voraus, was sich für den späteren Studienverlauf, als die beschriebene Öffnung für fachfremde Studiengänge vorgenommen wurde, als vorteilhaft erweisen sollte. Die Lehrverantwortlichen des Fachbereichs Mikromechanische Systeme empfahlen zudem die Wahl dieses Abschnitts, da es ein gutes Überblicksthema darstellte und enge Bezüge zum übergeordneten Thema der Lernplattform „Grenzflächen in der Mikrotechnik“ aufwies.

Wie Abbildung 38 zu entnehmen, erfolgte parallel zum Durcharbeiten des Kapitels eine wiederholte Messung des emotionalen Befindens mithilfe der PANAVA-KS und somit die Abfrage der für die Untersuchung gewählten Vermittlungsgröße. Wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, nahm das der Untersuchung zugrundeliegende Prozessmodell einen indirekten Einfluss der aktuellen Motivation über Vermittlungsgrößen auf die Lernresultate an. Aus diesem Grund wurde das emotionale Befinden als Verlaufsmessung während des Lernens und die aktuelle Motivation lediglich vor dem Lernen und nach Erhalten der Aufgabenstellung erhoben. Für die Platzierung der Messzeitpunkte ergaben sich verschiedene Möglichkeiten. Experience Sampling Studien arbeiten für gewöhnlich mit Zufallsmessungen zu verschiedenen Tageszeiten über einen längeren Untersuchungszeitraum hinweg (Roduner et al. 2001, S. 9). Durch die begrenzte Zeit der Einzeluntersuchung war dies im gegebenen Studienkontext nicht anwendbar. Eine Alternative wäre die Erhebung nach definierten Zeitabständen gewesen. Da die Bearbeitung nach eigenem Tempo und somit selbstreguliert stattfand, war ein zentrales Anliegen, möglichst vergleichbare Messzeitpunkte zu identifizieren und zudem eine retrospektive Bewertung des emotionalen Befindens nach allen drei Wissenszugängen von NanoTecLearn zu garantieren. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung gegen eine zeitbasierte Messung und zugunsten einer inhaltsbasierten Messung, jeweils nach Abschluss definierter Abschnitte des Booklets.

Die erste Messung fand vor dem Lesen des ersten Abschnitts Orientierung statt und sollte als Ausgangswert des emotionalen Befindens dienen. Dem angeschlossen war zudem die Instruktion zur Bearbeitung des nächsten Abschnitts Theorie und es erfolgte der Wechsel zum linken Bildschirm (Arbeitsbildschirm mit NanoTecLearn). Nach Beendigung des Abschnitts erfolgte das Ausfüllen der zweiten PANAVA-KS. Der nachfolgende Textabschnitt Anwendung wurde für die Motivationsstudie 1

ausgespart, da es primär um den Vergleich des emotionalen Befindens nach Durcharbeiten der drei Wissenszugänge gehen sollte. Daher erfolgten die Messungen drei und vier nach den beiden interaktiven Elementen im Abschnitt Interaktion, das heißt nach dem Probenbetrachter und der Bearbeitung einer interaktiven Formel. Eine Einschätzung des Abschnitts Reflexion wurde ausgelassen, um die Untersuchungszeit zu begrenzen und da die Lernresultate mittels Abschlusstest überprüft wurden. Nach Beendigung des Kapitels meldeten sich die Studierenden bei der Testleitung und bekamen den ausgedruckten Abschlusstest zur Bearbeitung vorgelegt.

Nach dem Lernen mit NanoTecLearn

Zu Beginn der dritten Phase der Untersuchung erfolgt die Abfrage des Instruktionsdesigns mithilfe des IMMS. Daraufhin war die Arbeit am Computer-Arbeitsplatz beendet und ein kurzes Leitfadeninterview wurde von der Testleitung mit allen Probanden durchgeführt. Den Abschluss der Untersuchung bildete das Ausfüllen des Bogens für die Vergabe des Probandenhonorars und die Verabschiedung. Der Ablauf des Tests sowie die Bestandteile der Befragung und deren Verständlichkeit wurden vor der eigentlichen Durchführung im Rahmen eines Pretests evaluiert. Das Feedback der Probanden diente als Grundlage für letzte Anpassungen, insbesondere die angemessene Platzierung der Instruktionen vor und während des Lernens mit NanoTecLearn.

5.1.3 Ergebnisse der Motivationsstudie 1

Die Datenauswertung der Fragebogenbestandteile der Motivationsstudie 1 und sämtlicher weiterer fragenbogenbasierter Teilstudien erfolgte mithilfe der Statistik- und Analysesoftware SPSS 24. Die Kernaussagen der Leitfadeninterviews wurden parallel zur Interviewdurchführung von der Testleitung protokolliert. Die Zusammenfassung der Interviewergebnisse befindet sich im Anhang A1.4. Die nachfolgende Ergebnisdarstellung folgt dem Schema, dass zunächst die Stichprobe beschrieben wird, gefolgt von der Auswertung und Interpretation der studienspezifischen Hypothesen auf Basis der verwendeten Fragebogen-Instrumente und geeigneter statistischer Auswertungsmethoden. Den Abschluss bilden ein kurzes Fazit sowie eine kritische Würdigung der Methode und Ergebnisse.

Beschreibung der Stichprobe

Der Datensatz umfasste 71 vollständig ausgefüllte Fragebögen. Das Alter der Probanden reichte von 18 bis 37 Jahren ($M=24.92$, $SD=3.14$), wobei 56,4% der Angaben auf die Altersgruppe von 24-27 Jahren entfielen. 50 Teilnehmer der Studie waren männlich und 21 Teilnehmerinnen waren weiblich. Da viele der in der Stichprobe vertretenen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge der Technischen Universität Ilmenau einen hohen Anteil männlicher Studierender aufweisen, war eine solche Verteilung zu erwarten. 51 Probanden waren in Masterstudiengängen immatrikuliert und 20

Probanden in Bachelorstudiengängen. Ein möglicher Grund für diese Verteilung könnte das spezielle Thema der Lernplattform sein und dessen Integration in zahlreichen Vertiefungsmodulen, die erst in späteren Semestern Teil des Studiums sind. Das Fachsemester war im Durchschnitt vergleichsweise gering ($M=4.34$, $SD=3.34$). Jeweils 17 Studierende befanden sich im ersten oder dritten Semester ihres Studiums. Hinsichtlich des Studiengangs entfielen 17 Angaben auf „Sonstiges“. Innerhalb dieser Angabe wurden die Studierenden der drei Medienstudiengänge der Technischen Universität Ilmenau gruppiert. Die restlichen 54 Angaben entfielen auf natur- und ingenieurwissenschaftliche Studiengänge, wobei insgesamt 42 Studierende in Studiengängen immatrikuliert waren, die mit dem Thema Mikrotechnik in Lehrveranstaltungen in Berührung kamen (z.B. Biomedizinische Technik, Maschinenbau, Mechatronik und Elektrotechnik/Informationstechnik).

Bei der Filterung des Vorwissens gaben 46 Studierende an, über kein Vorwissen im Bereich Mikrotechnik zu verfügen. Dem gegenüber standen Ergebnisse des Vorwissenstests, die auf ein insgesamt durchschnittliches Vorwissen hindeuteten ($M=4.17$, $SD=0.99$). 26 Studierende konnten 5 oder 6 Punkte im Vorwissenstest und somit ein hohes domänenspezifisches Vorwissen erzielen. Der Vorwissensfilter wurde eingebaut, um etwaigen Zufallstreifern beim Ausfüllen des Multiple-Choice-Tests eine zusätzliche Selbsteinschätzung voranzustellen. Die Befunde zeigten ein insgesamt moderates Vorwissen hinsichtlich der Domäne der Lernplattform.

Datenauswertung und Beantwortung der Hypothesen und Forschungsfragen

Die Beantwortung der Forschungsfragen erfolgte anhand der jeweils zugeordneten Hypothesen (siehe Abschnitt 4.2, Tabelle 2). Als Skalenniveau wurde die Intervallskala angenommen, da die verwendeten Fragebogen-Instrumente auf Likert Skalen zurückgriffen und den verbal codierten Antwortparametern jeweils ein spezifischer numerischer Wert zugeordnet war (Döring und Bortz 2016, S. 269). Die nachfolgend beschriebenen ersten drei Hypothesen der Motivationsstudie 1 untersuchten die Zusammenhänge zwischen den Personenfaktoren des operationalisierten Prozessmodells (siehe Abbildung 36 in Abschnitt 5.1.1) und der aktuellen Motivation, die unmittelbar nach der Instruktion mithilfe des FAM erhoben wurde.

H1: Je höher das Vorwissen, desto höher ist die aktuelle Motivation.

Die erste Zusammenhangshypothese der Motivationsstudie 1 griff auf die Ergebnisse des Vorwissenstests sowie auf den FAM zurück, wobei ein positiver Zusammenhang der unabhängigen Variable des Vorwissens auf die Ausprägung der abhängigen Variable aktuelle Motivation angenommen wurde. Entsprechend der Vorgaben der zugehörigen Publikation des FAM wurden zwei Items des Faktors Erfolgswahrscheinlichkeit zunächst umgepolt und die Skalenwerte entsprechend invertiert (Rheinberg et al. 2001, S. 5). Die Items der Faktoren des FAM wurden jeweils zu einer Variable zusammengefasst, ebenso der Score des Vorwissenstests.

Vor der Untersuchung des Zusammenhangs erfolgte die Häufigkeitsanalyse des FAM unter Angabe der Mittelwerte, Standardabweichungen (Janssen und Laatz 2017, S. 204–206) und internen Konsistenz mithilfe des Cronbachs Alpha-Wertes (Cronbach 1951). Die Ergebnisse werden in Tabelle 7 dargestellt. Die Häufigkeitsangaben der einzelnen FAM-Items sind dem Anhang A1.3 zu entnehmen. Darin sind zudem die umgepolten Items annotiert.

Tabelle 7: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des FAM

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Interesse (5) ^a	4.75	0.90	0.78
Herausforderung (4) ^b	4.97	0.74	0.43
Erfolgswahrscheinlichkeit (4) ^c	5.39	0.84	0.66
Misserfolgsbefürchtung (5) ^d	2.86	0.99	0.73

Anmerkungen. N=71. ^a Min=2.80, Max=7.00; ^b Min=3.00, Max=6.50; ^c Min=3.00, Max=7.00; ^d Min=1.00, Max=5.60

Der Faktor Erfolgswahrscheinlichkeit wies entsprechend der Skalenmaxima von 1 bis 7 den höchsten Mittelwert auf ($M=5.39$, $SD=0.84$), gefolgt von der Herausforderung ($M=4.97$, $SD=0.74$) und dem Interesse ($M=4.75$, $SD=0.90$). Eine Misserfolgsbefürchtung war insgesamt nur in geringem Maße gegeben ($M=2.86$, $SD=0.99$), womit generell von einer relativ hohen aktuellen Motivation nach Lesen der Aufgabenstellung und vor dem Lernen mit NanoTecLearn ausgegangen werden konnte. Zustimmung erfuhren besonders Interesse-Items, die diese Art von Aufgabenstellungen per se als interessant kennzeichneten. Hinsichtlich der Herausforderung wurde eine feste Entschlossenheit, sich voll anzustrengen sowie eine gespannte Erwartung hinsichtlich des Zurechtkommens mit der Lernplattform angemerkt. Die Auffassung der Aufgabenstellung als leistungsthematisch war demnach mehrheitlich gegeben. Die hohe Erfolgswahrscheinlichkeit drückte sich dahingehend aus, dass vielfach zugestimmt wurde, der Aufgabe gewachsen zu sein. Beim Faktor Misserfolgsbefürchtung stach lediglich die Empfindung von Peinlichkeit bei einem potenziellen Versagen mit einem moderat ausgeprägten Wert heraus. Die internen Konsistenzen waren für die Faktoren Interesse (Cronbachs $\alpha=0.78$) und Misserfolgsbefürchtung (Cronbachs $\alpha=0.73$) akzeptabel sowie für die Erfolgswahrscheinlichkeit noch in Ordnung (Cronbachs $\alpha=0.66$). Die Reliabilität des Faktors Herausforderung war jedoch inakzeptabel (Cronbachs $\alpha=0.43$) (Streiner 2003). Es war insgesamt davon auszugehen, dass das Konzept der aktuellen Motivation durch die FAM-Items akzeptabel abgebildet werden konnte, jedoch schienen hinsichtlich der Items des Faktors Herausforderung Unklarheiten auf Seiten der Probanden zu bestehen. Dieser Faktor schnitt auch in den Arbeiten von Engeser und Rheinberg et al. schlechter als die anderen drei FAM-Faktoren ab (Engeser 2005, S. 134; Rheinberg et al. 2001, S. 7).

Tabelle 8: Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Vorwissenstest

	Vorwissen
Interesse	0.133 (0.134)
Herausforderung	0.030 (0.404)
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.065 (0.294)
Misserfolgsbefürchtung	0.121 (0.157)

Anmerkungen. N=71

Der gerichtete Zusammenhang wurde für jeden der vier Faktoren des FAM mithilfe einer bivariaten Korrelation nach Pearson (Janssen und Laatz 2017, S. 387–390) ausgewertet. Das Ergebnis ist in Tabelle 8 zu finden. Insgesamt konnte für keinen der Faktoren in Korrelation mit den Ergebnissen des Vorwissenstests ein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden. Geringe positive Zusammenhänge ergaben sich für die Faktoren Interesse und Misserfolgsbefürchtung, jedoch nicht unterhalb des Signifikanzniveaus von 0.05. Zur weiterführenden Untersuchung eines möglichen Einflusses des Vorwissens auf die Faktoren der aktuellen Motivation wurden einfache lineare Regressionsanalysen (Bortz und Schuster 2010, S. 183) pro Faktor durchgeführt. Die Ergebnisse werden in den Tabellen 9 und 10 dargestellt. Für die Faktoren Interesse und Misserfolgsbefürchtung konnte kein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden, auf deren Darstellung wird daher verzichtet. Signifikante Einflüsse des Vorwissens lagen für die Faktoren Herausforderung, $F(1,69)=4.361$, $p=0.040$ und Erfolgswahrscheinlichkeit, $F(1,69)=4.789$, $p=0.032$, vor. Die Modelle zeigten mit $R^2=0.059$ und $R^2=0.051$ jedoch lediglich geringe Varianzaufklärungen. Bei einer höheren Punktzahl im Vorwissenstest würde die Selbsteinschätzung der Herausforderung um 0.182 sinken und die Erfolgswahrscheinlichkeit um 0.218 steigen, was als erwartungskonform zu bewerten war.

Tabelle 9: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Herausforderung durch den Vorwissenstest

Prädiktor	B	SE	β
Vorwissen	-0.182*	0.087	-0.244
R^2	0.059		
$F(1,69)$	4.361 (0.040)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 10: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch den Vorwissenstest

Prädiktor	B	SE	β
Vorwissen	0.218*	0.100	0.255
R^2	0.051		
$F(1,69)$	4.789 (0.032)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Ein eindeutiger Zusammenhang und Einfluss des Vorwissens auf die aktuelle Motivation konnte innerhalb der Motivationsstudie 1 somit nicht nachgewiesen werden. Das domänenpezifische

Vorwissen war keine entscheidende Bedingungsgröße für das Zustandekommen einer aufgabenspezifisch wirksamen Motivation. Die Hypothese wurde somit eher abgelehnt.

H2: Je höher die Selbstwirksamkeitserwartung, desto höher ist die aktuelle Motivation.

Die zweite Hypothese bezog sich auf einen möglichen Zusammenhang zwischen dem motivationalen Personenfaktor Selbstwirksamkeitserwartung, abgefragt über die NGSES, und die aktuelle Motivation, abgefragt über den FAM. Die Häufigkeitsanalyse des FAM wurde bereits in der vorherigen Hypothese durchgeführt. Aus den Items des NGSES wurde ein Gesamtwert der Selbstwirksamkeitserwartung gebildet, der hinsichtlich der Skalenmaxima von 1 bis 5 relativ hoch war ($M=3.95$, $SD=0.53$). Insgesamt beschrieben sich die Studierenden als in der Lage, gestellte Herausforderungen und Aufgaben zu meistern und erfolgreich abzuschließen. Die Reliabilität der Skala war gut (Cronbachs $\alpha=0.87$), das heißt das Konzept der Selbstwirksamkeitserwartung konnte über die acht Items der Skala treffend abgefragt werden. Der gerichtete Zusammenhang wurde wie bei Hypothese 1 wieder für jeden der vier Faktoren des FAM mithilfe einer bivariaten Korrelation nach Pearson ausgewertet. Das Ergebnis ist in Tabelle 11 zu finden.

Tabelle 11: Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung

	Selbstwirksamkeitserwartung
Interesse	0.188 (0.058)
Herausforderung	0.040 (0.371)
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.303* (0.005)
Misserfolgsbefürchtung	0.317* (0.004)

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Signifikante moderate positive Zusammenhänge konnten für die Faktoren Erfolgswahrscheinlichkeit ($r=0.303$, $p=0.005$) und Misserfolgsbefürchtung ($r=0.317$, $p=0.004$) nachgewiesen werden, das heißt für die leistungsthematischen Aspekte des FAM (Rheinberg et al. 2001, S. 8–9). Auffällig war, dass beide Konstrukte positive Zusammenhänge mit der Selbstwirksamkeitserwartung aufwiesen. Demnach würde eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung auch mit einer höheren Misserfolgsbefürchtung einhergehen. Der motivationale Personenfaktor schien demnach in Beziehung zu beiden Aspekten der Leistungsmotivation, Hoffnung auf Erfolg und Furcht vor Misserfolg, zu stehen. Ein möglicher Erklärungsansatz könnte sein, dass es sich bei dem in der NGSES abgefragten Selbstwirksamkeit um eine allgemeine und nicht situative Selbstwirksamkeitserwartung handelte und somit um ein relativ breit angelegtes motivationales Konstrukt, das sich in der Stichprobe auf verschiedene Aspekte der aktuellen Motivation auswirkte (Chen et al. 2001, S. 66). Analog zu Hypothese 1 wurden auch für diesen Zusammenhang mögliche Einflüsse weiterführend mithilfe einfacher linearer Regressionsanalysen für die vier FAM-Faktoren untersucht. Für das Interesse und die Herausforderung konnten keine signifikanten Einflüsse nachgewiesen werden.

Tabelle 12: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch die Selbstwirksamkeitserwartung

Prädiktor	B	SE	β
Selbstwirksamkeit	0.483*	0.183	0.303
R ²	0.092		
F(1,69)	6.974 (0.010)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 13: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Misserfolgsbefürchtung durch die Selbstwirksamkeitserwartung

Prädiktor	B	SE	β
Selbstwirksamkeit	-0.595*	0.214	-0.317
R ²	0.101		
F(1,69)	7.719 (0.007)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Signifikante Einflüsse lagen für die Faktoren Erfolgswahrscheinlichkeit, $F(1,69)=6.974$, $p=0.010$ und Misserfolgsbefürchtung, $F(1,69)=7.719$, $p=0.007$, vor (siehe Tabellen 12 und 13). Die Modelle zeigten mit $R^2=0.092$ und $R^2=0.101$ lediglich geringe Varianzaufklärungen. Bei einer höheren Selbsteinschätzung der Selbstwirksamkeitserwartung würde die Erfolgswahrscheinlichkeit um 0.483 steigen und die Misserfolgsbefürchtung um 0.595 sinken. Dies entsprach insgesamt den angenommenen Zusammenhängen. Das Vertrauen in eigene Fähigkeiten sollte demnach in einer entsprechenden Erfolgserwartung und Zuversicht der Aufgabenbewältigung münden.

Die Hypothese konnte somit teilweise angenommen werden, insbesondere für die leistungsthematischen Aspekte der aktuellen Motivation.

H3: Je höher das Vorwissen, desto höher ist die Selbstwirksamkeitserwartung.

Die dritte Hypothese diente der Überprüfung des Zusammenhangs der beiden zentralen Personenfaktoren Vorwissen und Selbstwirksamkeitserwartung. Die Häufigkeitsanalysen für beide Konstrukte wurden bereits beschrieben. Die Datenanalyse auf Basis einer bivariaten Korrelation nach Pearson ergab einen signifikanten moderaten positiven Zusammenhang ($r=0.268$, $r=0.012$). Demnach würde höheres Vorwissen im Themenbereich Mikrotechnik erwartungskonform auch mit einer höheren Selbstwirksamkeitserwartung einhergehen.

Tabelle 14: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Selbstwirksamkeitserwartung durch den Vorwissenstest

Prädiktor	B	SE	β
Vorwissen	0.144*	0.062	0.268
R ²	0.072		
F(1,69)	5.359 (0.024)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Mithilfe einer einfachen linearen Regressionsanalyse (siehe Tabelle 14) konnte gezeigt werden, dass das Vorwissen die Einschätzung der Selbstwirksamkeitserwartung signifikant beeinflusste, $F(1,69)=5.359$, $p=0.024$. Das Modell zeigte mit $R^2=0.074$ eine lediglich geringe Varianzaufklärung (Cohen 1988). Eine höhere Punktzahl im Vorwissenstest würde demnach mit einer um 0.144 höheren Selbsteinschätzung der Selbstwirksamkeitserwartung einhergehen.

Die Hypothese konnte somit für die Motivationsstudie 1 bestätigt werden. Die erste Forschungsfrage (siehe Tabelle 2 in Abschnitt 4.2) konnte dahingehend beantwortet werden, dass positive Zusammenhänge zwischen dem Personenfaktor Selbstwirksamkeitserwartung und der aktuellen Motivation identifiziert werden konnten. Das Vorwissen stellte sich als weniger geeigneter Prädiktor der aktuellen Motivation heraus. Insgesamt beeinflussten die untersuchten Personenfaktoren die aktuelle Motivation der Stichprobe in geringerem Ausmaß als angenommen.

H4: Je besser das Instruktionsdesign bewertet wird, desto höher ist die aktuelle Motivation.

Die vierte Hypothese deckte den Zusammenhang zwischen den Situationsfaktoren in Form des Instruktionsdesigns, das über den IMMS abgefragt wurde, und die über den FAM abgefragte aktuelle Motivation ab. Sie diente gleichzeitig auch der Beantwortung der Forschungsfrage des Einflusses der Situationsfaktoren auf die aktuelle Motivation (siehe Tabelle 2 in Abschnitt 4.2). Die Häufigkeitsanalyse des FAM wurde in Hypothese 1 vorgenommen.

Tabelle 15: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des IMMS

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Attention (5) ^a	3.99	0.58	0.75
Relevance (4) ^b	3.65	0.54	0.20
Confidence (4) ^c	3.83	0.61	0.63
Satisfaction (4) ^d	3.63	0.66	0.66

Anmerkungen. N=71. ^a Min=2.20, Max=5.00; ^b Min=2.25, Max=4.75; ^c Min=2.25, Max=5.00; ^d Min=2.00, Max=5.00

Nachfolgend werden in Vorbereitung der weiterführenden Analysen Mittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen des IMMS dargestellt. Die Faktoren Relevance und Confidence beinhalteten je ein Item, das vor der Auswertung umgepolt wurde. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 15. Insgesamt waren alle vier Faktoren unter Berücksichtigung der Skalenmaxima von 1 bis 5 moderat positiv ausgeprägt. Die Attention erzielte dabei den höchsten Wert ($M=3.99$, $SD=0.58$), gefolgt von der Confidence ($M=3.83$, $SD=0.61$). Die positive Ausprägung der Erfolgzuversicht deckt sich mit den hohen Mittelwerten der Erfolgswahrscheinlichkeit des FAM und der Selbstwirksamkeitserwartung. Hinsichtlich der Aufmerksamkeitssteuerung wurde insbesondere der Aussage, dass das E-Learning Material visuell ansprechend gestaltet war, zugestimmt, was für die spätere Weiterentwicklung der Plattform eine gute Ausgangslage darstellte. Ebenso wurde die Vielfalt an Inhaltselementen und Wissenszugängen mehrheitlich als positiv eingeschätzt. Die Erfolgssicherheit

spiegelte sich in einer Zuversicht des schnellen Erlernens und Verstehens der Inhalte der Lernplattform wider. Die Zufriedenheit äußerte sich primär in der Zustimmung der Aussage, dass die Arbeit mit der E-Learning Plattform Spaß bereitete. Insgesamt konnte die Aufbereitung der Inhalte und das Bereitstellen verschiedener Wissenszugänge die Studierenden entsprechend der Ergebnisse des IMMS weitgehend überzeugen. Eine Ablehnung der Plattform aufgrund gestalterischer Defizite sollte folglich in späteren Entwicklungsstufen keinen Störfaktor der Bewertung darstellen.

Die internen Konsistenzen der Faktoren waren insgesamt durchwachsen. Akzeptable Werte wurden für Attention (Cronbachs $\alpha=0.75$), Confidence (Cronbachs $\alpha=0.63$) und Satisfaction (Cronbachs $\alpha=0.66$) erzielt. Der Faktor Relevance wies eine nicht akzeptable Reliabilität auf (Cronbachs $\alpha=0.20$), das heißt die Items konnten die Relevanz als Empfindung der Bedeutsamkeit der Lerninhalte nicht angemessen abbilden. Die Reliabilitätsanalyse von Keller wies für diesen Faktor ebenfalls den geringsten Wert auf, jedoch deutlich oberhalb dies in der Motivationsstudie 1 erzielten Wertes (Keller 2010, S. 285). Da die Gesamtreliabilität des IMMS gut war (Cronbachs $\alpha=0.83$), wurden für die nachfolgenden Analysen dennoch alle vier Faktoren miteinbezogen. Die Aussagekraft der Ergebnisse des Relevance-Faktors sollte jedoch kritisch hinterfragt werden.

Tabelle 16: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Instruktionsdesign

	Attention	Relevance	Confidence	Satisfaction
Interesse	0.350* (0.001)	0.338* (0.002)	0.157 (0.095)	0.475* (<0.001)
Herausforderung	0.446* (<0.001)	0.336* (0.002)	0.066 (0.293)	0.367* (0.001)
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.011 (0.462)	0.125 (0.149)	0.036 (0.383)	-0.013 (0.458)
Misserfolgsbefürchtung	0.143 (0.117)	0.072 (0.275)	-0.012 (0.460)	0.122 (0.156)

Anmerkungen. N=71. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 16 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Pearson für die Kombination aller Faktoren des FAM und des IMMS. Signifikante moderate positive Zusammenhänge wurden jeweils für die FAM-Faktoren Interesse und Herausforderung sowie Attention, Relevance und Satisfaction des IMMS erzielt. Ein hohes Interesse führte z.B. zu einer hohen Zufriedenheit ($r=0.475$, $p<0.001$) und eine hohe Aufmerksamkeit ging mit einem stark ausgeprägten Empfinden der Herausforderung einher ($r=0.446$, $p<0.001$). Auffällig war, dass für die Kombinationen aus Erfolgswahrscheinlichkeit sowie Misserfolgsbefürchtung und den IMMS-Faktoren keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden konnten. Insbesondere hinsichtlich des angenommenen positiven Zusammenhangs zwischen Erfolgswahrscheinlichkeit und Erfolgszuversicht gemäß des IMMS war dies unerwartet. Die Konstrukte schienen demnach weniger verwandt als ursprünglich vermutet. Die Einflüsse des Instruktionsdesigns auf die aktuelle Motivation wurden weiterführend mit multiplen linearen Regressionsanalysen untersucht. Signifikante Ergebnisse konnten für die Faktoren Interesse und Herausforderung nachgewiesen werden (siehe Tabellen 17 und 18).

Tabelle 17: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch das Instruktionsdesign

Prädiktoren	B	SE	β
Attention	0.052 (0.829)	0.240	0.034
Relevance	0.205 (0.332)	0.210	0.123
Confidence	-0.114 (0.534)	0.182	-0.078
Satisfaction	0.581* (0.012)	0.224	0.426
R ²	0.244		
korr. R ²	0.198		
F(4,66)	5.315 (0.001)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die multiple Regressionsanalyse (Bortz und Schuster 2010, S. 342) in Tabelle 17 zeigte, dass das Instruktionsdesign einen signifikanten Einfluss auf das Interesse ausübte, F(4,66)=5.315, p=0.001. Das Modell zeigte mit einem korrigierten R²=0.198 eine moderate Varianzaufklärung (Cohen 1988). Ein signifikanter Einfluss konnte lediglich für die Satisfaction (p=0.012) nachgewiesen werden, wobei eine höhere Selbsteinschätzung dieses Faktors in einer um 0.581 höheren Bewertung des Interesses resultieren würde.

Tabelle 18: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Herausforderung durch das Instruktionsdesign

Prädiktoren	B	SE	β
Attention	0.510* (0.011)	0.195	0.404
Relevance	0.205 (0.231)	0.171	0.150
Confidence	-0.229 (0.128)	0.148	-0.191
Satisfaction	0.107 (0.562)	0.183	0.095
R ²	0.254		
korr. R ²	0.208		
F(4,66)	5.605 (0.001)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die multiple Regressionsanalyse in Tabelle 18 zeigte, dass das Instruktionsdesign auch den Faktor Herausforderung signifikant beeinflusste, F(4,66)=5.605, p=0.001. Mit einem korrigierten R²=0.208 konnte eine moderate Varianzaufklärung nachgewiesen werden. Auf Faktorenebene war ein signifikanter Einfluss nur für die Attention (p=0.011) nachweisbar, wobei eine höhere Aufmerksamkeitsbewertung mit einer um 0.510 höheren Selbsteinschätzung der Herausforderung einhergehen würde. Die Regressionsanalysen konnten die Befunde der Korrelationsanalyse bestätigen.

Die Hypothese konnte zusammenfassend teilweise angenommen werden, wobei die vermuteten Zusammenhänge lediglich für die Faktoren Interesse und Herausforderung und somit die situationsspezifischen Aspekte der aktuellen Motivation nachgewiesen werden konnten. Hinsichtlich der Faktoren des Instruktionsdesigns übten insbesondere die aufgrund der Gestaltung der Lernplattform erzielte Aufmerksamkeit und Zufriedenheit signifikante Einflüsse aus. Die

leistungsthematischen Aspekte der aktuellen Motivation wurden durch das Instruktionsdesign nicht signifikant beeinflusst. Dies stand in Übereinstimmung mit Aussagen der ursprünglichen FAM-Publikation, die den Faktoren Interesse und Herausforderung primär eine Vorhersagekraft für selbstgesteuertes Verständnislernen zuschrieb (Rheinberg et al. 2001, S. 10). Das Lernen mit NanoTecLearn entsprach weitgehend diesem Lerntyp.

Die nachfolgenden Hypothesen 5 und 6 dienten der Beantwortung der Forschungsfrage (siehe Tabelle 2 in Abschnitt 4.2) hinsichtlich des Zusammenhangs der im Prozessmodell angenommenen Wechselbeziehung zwischen Personen- und Situationsfaktoren.

H5: Je höher das Vorwissen, desto besser wird das Instruktionsdesign bewertet.

Diese Hypothese widmete sich der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den Ergebnissen des Vorwissenstests und des IMMS. Die Häufigkeitsanalysen wurden für beide Untersuchungsbestandteile bereits durchgeführt. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Pearson finden sich in Tabelle 19.

Tabelle 19: Zusammenhang zwischen Vorwissenstest und Instruktionsdesign

	Vorwissen
Attention	-0.148 (0.110)
Relevance	-0.048 (0.345)
Confidence	0.258* (0.015)
Satisfaction	-0.139 (0.123)

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Ein signifikanter moderater positiver Zusammenhang konnte lediglich zwischen den Ergebnissen des Vorwissenstests und dem Confidence-Faktor nachgewiesen werden ($r=0.258$, $p=0.015$). Ein höheres domänenspezifisches Vorwissen würde demnach in einer erwartungskonformen höheren Erfolgszuversicht resultieren. Die in Tabelle 20 veranschaulichte einfache lineare Regressionsanalyse bestätigte den signifikanten Einfluss des Vorwissens auf die Confidence, $F(1,69)=4.937$, $p=0.030$. Die Varianzaufklärung war mit $R^2=0.067$ lediglich gering. Eine höhere Punktzahl im Vorwissenstest würde zu einer um 0.415 höheren Selbsteinschätzung der Erfolgszuversicht führen.

Tabelle 20: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Confidence durch den Vorwissenstest

Prädiktor	B	SE	β
Vorwissen	0.415*	0.187	0.258
R^2	0.067		
$F(1,69)$	4.937 (0.030)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die Hypothese wurde somit eher abgelehnt, da kein allgemeiner Zusammenhang zwischen Vorwissen und der Bewertung der Motivationsförderlichkeit des Instruktionsdesigns nachgewiesen werden

konnte. Eine Ausnahme bildete der Faktor Confidence, der in der Stichprobe durch ein hohes Vorwissen positiv beeinflusst wurde.

H6: Je höher die Selbstwirksamkeitserwartung, desto besser wird das Instruktionsdesign bewertet.

Der Zusammenhang zwischen dem motivationalen Personenfaktor Selbstwirksamkeitserwartung und dem Situationsfaktor Instruktionsdesign war Gegenstand von Hypothese 6. Die Ergebnisse der Analyse der bivariaten Korrelation nach Pearson werden in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeitserwartung und Instruktionsdesign

	Selbstwirksamkeitserwartung
Attention	0.054 (0.329)
Relevance	-0.026 (0.414)
Confidence	0.114 (0.171)
Satisfaction	-0.070 (0.281)

Anmerkungen. N=71

Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt werden. Anschließende einfache lineare Regressionsanalysen zeigten ebenfalls keine signifikanten Befunde oder nennenswerte Varianzaufklärungen. Unerwartet war der ausbleibende signifikante positive Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeitserwartung und dem IMMS-Faktor Confidence. Da auch bereits die Erfolgswahrscheinlichkeit des FAM nicht signifikant mit der Selbstwirksamkeitserwartung korrelierte, schien die allgemeine Einschätzung der Kompetenz zum Lösen gestellter Aufgabenstellungen keine Auswirkung auf die Erfolgszuversicht hinsichtlich des Lernens mit NanoTecLearn zu haben.

Die Hypothese wurde somit abgelehnt. Insgesamt zeigte sich der angenommene wechselseitige Einfluss der gewählten Personen- und Situationsfaktoren als kaum ausgeprägt, mit Ausnahme des Einflusses des Vorwissens auf die im IMMS abgefragte Erfolgszuversicht. Die untersuchten Konzepte auf Seiten der Personenfaktoren nahmen demnach kaum Einfluss auf die situationsspezifische Einschätzung der Motivationsförderlichkeit des Instruktionsdesigns.

Die Hypothesen 7 und 8 adressierten die vierte Forschungsfrage der Motivationsstudie 1 hinsichtlich eines möglichen Zusammenhangs der aktuellen Motivation und der für die Studie gewählten Vermittlungsgröße emotionales Befinden, gemessen mithilfe der PANAVA-KS. Die Befunde stellten eine wichtige Vorbetrachtung für die in Hypothese 9 durchgeführte Mediationsanalyse dar.

H7: Je höher die aktuelle Motivation, desto höher ist der Ausgangswert des emotionalen Befindens.

Vor der Analyse des Zusammenhangs zwischen aktueller Motivation und der ersten PANAVA-KS Messung wurden die Mittelwerte, Standardabweichungen und internen Konsistenzen des emotionalen Befindens ausgewertet. Jeder der drei Faktoren des Fragebogens enthielt Items, die vor

der Auswertung umgepolzt wurden. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 22. Die Häufigkeitsanalyse der Gegensatzpaare aller vier Emotionsmessungen findet sich in Anhang A1.3.

Tabelle 22: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des PANAVA-KS (1. Messung)

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Positive Aktivierung 1 (4) ^a	4.78	0.91	0.94
Negative Aktivierung 1 (4) ^b	2.56	0.99	0.91
Valenz 1 (2) ^c	5.24	0.94	0.89

Anmerkungen. N=71. ^a Min=2.75, Max=6.75; ^b Min=1.00, Max=5.00; ^c Min=3.00, Max=7.00. Cronbachs α wurde für die Faktoren über alle vier Messzeitpunkte ermittelt

Unter Berücksichtigung der Skalenmaxima von 1 bis 7 konnte von einer moderat ausgeprägten positiven Aktivierung ($M=4.78$, $SD=0.91$) und Valenz ($M=5.24$, $SD=0.94$) ausgegangen werden. Die Studierenden schätzten ihr emotionales Befinden gemäß den Adjektiv-Gegensatzpaaren als hoch motiviert, energiegeladen, zufrieden und glücklich ein. Die negative Aktivierung war entsprechend geringer ($M=2.56$, $SD=0.99$) und äußerte sich hinsichtlich der Angaben vorrangig als entspannt, sorgenfrei und ruhig.

Die internen Konsistenzen wurden je Faktor über alle vier Messzeitpunkte ermittelt. Sie werden in Tabelle 22 einmalig dargestellt und gelten somit auch für die Untersuchung der weiteren Messungen in Hypothese 8. Alle drei Faktoren wiesen sehr gute Reliabilitäten auf, insbesondere die positive Aktivierung (Cronbachs $\alpha=0.94$). Die gewonnenen Werte überstiegen die Angaben der zum Fragebogen gehörenden Population, bei dem z.B. für die Valenz und negative Aktivierung lediglich akzeptable Werte erreicht werden konnten (Schallberger 2005, S. 28). Es konnte somit davon ausgegangen werden, dass das emotionale Befinden während des Lernens sehr treffend mithilfe der PANAVA-KS erfasst werden konnte. Tabelle 23 zeigt nachfolgend die Korrelationsanalyse.

Tabelle 23: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Ausgangswert des emotionalen Befindens

	Interesse	Herausforderung	Erfolgswahrscheinlichkeit	Misserfolgsbefürchtung
PA1	0.530* (<0.001)	0.478* (<0.001)	0.008 (0.473)	-0.187 (0.059)
NA1	-0.067 (0.290)	-0.037 (0.381)	-0.223* (0.031)	0.457* (<0.001)
VA1	0.244* (0.020)	0.125 (0.150)	0.202* (0.045)	-0.256* (0.016)

Anmerkungen. N=71. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Die positive Aktivierung zeigte signifikante moderate positive Zusammenhänge mit dem Interesse ($r=0.530$, $p<0.001$) und der Herausforderung ($r=0.478$, $p<0.001$). Die Bedeutsamkeit des Aktivierungsbegriffs hinsichtlich des emotionalen Befindens und der Motivationsdefinition (Rheinberg 2010, S. 376) konnte für die erste Messung somit insbesondere für die positive Aktivierung und die Wertschätzung der Inhalte (FAM-Faktor Interesse) nachgewiesen werden. Die negative Aktivierung zeigte einen signifikanten moderaten positiven Zusammenhang mit der Misserfolgsbefürchtung ($r=0.457$, $p<0.001$) und einen signifikanten moderaten negativen Zusammenhang mit der

Erfolgswahrscheinlichkeit ($r=-0.223$, $p=0.031$). Demnach stand eine hohe Ausprägung negativer Zustände, z.B. Nervosität oder Stress (Schallberger 2005, S. 13), primär mit den leistungsthematischen Aspekten des FAM in Beziehung. Für die positive Aktivierung spielten diese Faktoren, außer dem Erleben der Aufgabenstellung als herausfordernd, keine signifikante Rolle. Die Valenz zeigte signifikante moderate positive Zusammenhänge mit den Faktoren Interesse ($r=0.244$, $p=0.020$) und Erfolgswahrscheinlichkeit ($r=0.202$, $p=0.045$). Selbige Ausprägung galt in negativer Form für den Faktor Misserfolgsbefürchtung ($r=-0.256$, $p=0.016$). Der als übergeordnetes Wohlbefinden aufgefasste Valenzfaktor stand demnach mit fast allen Bestandteilen der aktuellen Motivation signifikant in Beziehung. Die Wirkrichtung der signifikanten Zusammenhänge war zudem weitgehend erwartungskonform.

Der Einfluss der aktuellen Motivation auf den Ausgangswert des emotionalen Befindens wurde mithilfe multipler linearer Regressionsanalysen weiterführend untersucht. Die Ergebnisse werden in den Tabellen 24 bis 26 veranschaulicht, jeweils mit den vier FAM-Faktoren als Prädiktoren. Tabelle 24 veranschaulicht, dass die aktuelle Motivation einen signifikanten Einfluss auf die positive Aktivierung ausübte, $F(4,66)=12.527$, $p<0.001$. Das Modell zeigte mit einem korrigierten $R^2=0.397$ eine gute Varianzaufklärung (Cohen 1988). Signifikante Einflüsse konnten für alle vier FAM Faktoren nachgewiesen werden. Die stärkste Einflussgröße stellte das Interesse ($p<0.001$) dar. Bei einer höheren Selbsteinschätzung des Interesses würde die positive Aktivierung um 0.452 steigen. Eine unerwartete Einflussrichtung zeigte die Erfolgswahrscheinlichkeit ($p=0.034$). Eine höhere Selbsteinschätzung dieses Faktors würde mit einem Absinken der positiven Aktivierung um 0.242 einhergehen.

Tabelle 24: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der positiven Aktivierung der ersten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	0.452* (<0.001)	0.122	0.445
Herausforderung	0.348* (0.019)	0.145	0.281
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.242* (0.034)	0.112	-0.224
Misserfolgsbefürchtung	-0.310* (0.001)	0.092	-0.338
R^2	0.432		
korr. R^2	0.397		
$F(4,66)$	12.527 (<0.001)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Die multiple Regressionsanalyse in Tabelle 25 konnte einen signifikanten Einfluss der aktuellen Motivation auf die negative Aktivierung, $F(4,66)=4.851$, $p=0.002$ und eine moderate Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.180$) nachweisen. Einen signifikanten Einfluss auf die negative Aktivierung übte in diesem Fall jedoch lediglich der FAM-Faktor Misserfolgsbefürchtung ($p<0.001$) aus. Eine höhere Selbsteinschätzung der Misserfolgsbefürchtung würde mit einem Anstieg der negativen Aktivierung

um 0.454 einhergehen. Dies bekräftigte die Befunde der Korrelationsanalyse für diese beiden Faktoren und war erwartungskonform hinsichtlich der negativen Konnotation beider Konzepte.

Tabelle 25: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der ersten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	-0.023 (0.884)	0.155	-0.020
Herausforderung	-0.136 (0.461)	0.184	-0.101
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.078 (0.587)	0.142	-0.066
Misserfolgsbefürchtung	0.454* (<0.001)	0.117	0.454
R ²	0.227		
korr. R ²	0.180		
F(4,66)	4.851 (0.002)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 26 veranschaulicht den signifikanten Einfluss der aktuellen Motivation auf die Valenz, F(4,66)=2.624, p=0.042). Dieser zeigte mit einem korrigierten R²=0.085 eine lediglich geringe Varianzaufklärung. Ein signifikanter Einfluss konnte analog zur negativen Aktivierung nur für den FAM-Faktor Misserfolgsbefürchtung (p=0.041) nachgewiesen werden, wobei eine höhere Selbsteinschätzung dieses Faktors mit einem Absinken der Valenz um 0.244 einhergehen würde. Zeigte die Korrelationsanalyse für den Faktor Valenz noch signifikante Zusammenhänge mit drei der vier FAM-Faktoren, konnte in der Regressionsanalyse ein signifikanter Einfluss nur für die Misserfolgsbefürchtung nachgewiesen werden.

Tabelle 26: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Valenz der ersten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	0.237 (0.133)	0.155	0.225
Herausforderung	0.045 (0.807)	0.184	0.035
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.066 (0.643)	0.142	0.059
Misserfolgsbefürchtung	-0.244* (0.041)	0.117	-0.257
R ²	0.137		
korr. R ²	0.085		
F(4,66)	2.624 (0.042)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Insgesamt konnte für die Motivationsstudie 1 gezeigt werden, dass die aktuelle Motivation die angenommene signifikante Einflussgröße des emotionalen Befindens darstellte. Die für das selbstregulierte Lernen als wichtig erachteten Faktoren Interesse und Herausforderung (Rheinberg et al 2001, S. 10) standen insbesondere mit der positiven Aktivierung in Zusammenhang. Die Faktoren negative Aktivierung und Valenz wurden vorrangig durch die leistungsthematischen Aspekte der aktuellen Motivation, insbesondere durch die Misserfolgsbefürchtung, beeinflusst. Die Hypothese wurde somit weitgehend angenommen.

H8: Je höher die aktuelle Motivation, desto positiver ist das emotionale Befinden während der E-Learning Session.

In einem ersten Schritt wurden die Häufigkeiten der drei Messzeitpunkte analysiert, in Form der Mittelwerte, Standardabweichungen und Maxima der pro Faktor aufsummierten Angaben der Probanden. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 27. Die internen Konsistenzen der PANAVA-KS wurden bereits in Tabelle 22 dargestellt.

Tabelle 27: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und Maxima der PANAVA-KS Messzeitpunkte zwei bis vier

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Min/Max
Positive Aktivierung 2 (4)	4.62	1.02	2.25/7.00
Negative Aktivierung 2 (4)	2.58	0.98	1.00/4.50
Valenz 2 (2)	5.30	0.92	3.50/7.00
Positive Aktivierung 3 (4)	4.83	1.11	2.25/7.00
Negative Aktivierung 3 (4)	2.58	1.01	1.00/4.75
Valenz 3 (2)	5.20	1.17	2.00/7.00
Positive Aktivierung 4 (4)	4.93	1.11	2.25/7.00
Negative Aktivierung 4 (4)	2.57	1.05	1.00/5.25
Valenz 4 (2)	5.32	1.04	3.00/7.00

Anmerkungen. N=71. Interne Konsistenzen des PANAVA-KS Fragebogens werden in Tabelle 22 dargestellt

Analog zum ersten Messzeitpunkt zeigte sich auch für die weiteren drei Messzeitpunkte eine moderate positive Ausprägung der Faktoren positive Aktivierung und Valenz sowie eine eher geringe Ausprägung des Faktors negative Aktivierung. Es kam demnach nicht zu einer merklichen Veränderung des emotionalen Befindens in Form der Selbsteinschätzungen der PANAVA-KS Faktoren beim Lernen mit NanoTecLearn. Ob signifikante Unterschiede im emotionalen Befinden abhängig vom Abschnitt der Lernplattform vorlagen, wurde im Rahmen einer gesonderten Datenanalyse untersucht, deren Ergebnisse Gegenstand von Hypothese 10 der Motivationsstudie 1 waren. Tabelle 28 zeigt die Korrelationsanalyse zwischen aktueller Motivation und den drei Messzeitpunkten der PANAVA-KS.

Tabelle 28: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und den drei Messzeitpunkten des emotionalen Befindens während der E-Learning Session

	Interesse	Herausforderung	Erfolgswahrscheinlichkeit	Misserfolgsbefürchtung
PA2	0.554* (<0.001)	0.482* (0.001)	0.047 (0.349)	-0.099 (0.205)
NA2	-0.316* (0.004)	-0.166 (0.084)	-0.195 (0.051)	0.349* (0.001)
VA2	0.439* (<0.001)	0.351* (0.001)	0.160 (0.091)	-0.241* (0.021)
PA3	0.551* (<0.001)	0.529* (<0.001)	-0.061 (0.306)	-0.020 (0.434)
NA3	-0.287* (0.008)	-0.214* (0.037)	-0.017 (0.443)	0.189 (0.057)
VA3	0.399* (<0.001)	0.352* (0.001)	-0.139 (0.124)	0.051 (0.335)
PA4	0.518* (<0.001)	0.467* (<0.001)	-0.070 (0.282)	-0.028 (0.408)
NA4	-0.273* (0.011)	-0.236* (0.024)	-0.085 (0.240)	0.259* (0.015)
VA4	0.483* (<0.001)	0.402* (<0.001)	0.018 (0.442)	-0.124 (0.151)

Anmerkungen. N=71. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die grundlegenden Befunde der ersten Messung änderten sich durch die wiederholten Messungen nicht merklich, das heißt das Interesse und die Herausforderung korrelierten weiterhin signifikant positiv mit der positiven Aktivierung. Für die negative Aktivierung änderte sich die Befundlage dahingehend, dass für die drei weiteren Messzeitpunkte jeweils eine signifikante moderate negative Korrelation mit dem Interesse vorlag. Demnach schien der situative Faktor der Wertschätzung der Plattforminhalte in Zusammenhang mit geringen Ausprägungen der negativen Aktivierung, z.B. in Form einer größeren Ruhe oder Entspannung, einherzugehen. Die bereits zu Messzeitpunkt 1 nachgewiesene signifikante negative Korrelation mit dem Faktor Misserfolgsbefürchtung konnte für die Messzeitpunkte zwei und vier, nicht jedoch für den dritten Messzeitpunkt ($M=0.189$, $SD=0.057$) nach dem interaktiven Probenbetrachter, bestätigt werden. Da das Signifikanzniveau nur knapp überschritten wurde, konnte jedoch noch nicht von einem deutlich geänderten Befinden ausgegangen werden. Die Valenzdimension stand für die drei Messzeitpunkte im Vergleich zur ersten Messung nicht mehr in signifikantem Zusammenhang mit der Erfolgswahrscheinlichkeit. Das Interesse zeigte weiterhin stets signifikante positive, deutlich stärker ausgeprägte, Zusammenhänge mit der Valenz. Der signifikante negative Zusammenhang der Misserfolgsbefürchtung der ersten Messung konnte nur für die zweite Messung nach dem Abschnitt Theorie ($M=-0.241$, $SD=0.021$) bestätigt werden, jedoch nicht für die beiden Messungen nach den interaktiven Bestandteilen von NanoTecLearn. Die Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und emotionalem Befinden zeigten sich für die interaktiven Elemente somit primär über die Faktoren Interesse und Herausforderung.

Analog zu Hypothese 7 wurden die Einflüsse der aktuellen Motivation auf das emotionale Befinden auch für die weiteren drei Messzeitpunkte der Motivationsstudie 1 mithilfe multipler linearer Regressionsanalysen untersucht. Die Ergebnisse finden sich in den Tabellen 29 bis 37.

Tabelle 29: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der positiven Aktivierung der zweiten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	0.523* (<0.001)	0.142	0.457
Herausforderung	0.356* (0.038)	0.168	0.256
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.182 (0.165)	0.130	-0.150
Misserfolgsbefürchtung	-0.230* (0.036)	0.107	-0.223
R^2	0.392		
korr. R^2	0.355		
F(4,66)	10.626 (<0.001)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 29 konnte für die zweite Messung einen signifikanten Einfluss der aktuellen Motivation auf die positive Aktivierung nachweisen, $F(4,66)=10.626$, $p<0.001$. Das Modell zeigte mit einem korrigierten $R^2=0.355$ eine gute Varianzaufklärung (Cohen 1988). Im Gegensatz zur ersten Messung trat die Erfolgswahrscheinlichkeit ($p=0.165$) nicht mehr als signifikante Einflussgröße auf. Für die anderen drei

FAM-Faktoren konnten die Ergebnisse bestätigt werden. Das Interesse ($p<0.001$) war weiterhin die stärkste Einflussgröße, wobei eine höhere Selbsteinschätzung dieses Faktors mit einem Anstieg der positiven Aktivierung um 0.523 einhergehen würde.

Tabelle 30: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der zweiten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	-0.348* (0.026)	0.153	-0.317
Herausforderung	-0.061 (0.738)	0.181	-0.045
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.015 (0.917)	0.140	0.012
Misserfolgsbefürchtung	0.378* (0.002)	0.115	0.382
R^2	0.238		
korr. R^2	0.192		
F(4,66)	5.167 (0.001)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 30 zeigt auch für die negative Aktivierung einen signifikanten Einfluss der aktuellen Motivation, $F(4,66)=5.167$, $p=0.001$, sowie eine moderate Varianzaufklärung in Form eines korrigierten $R^2=0.192$. Der in der Korrelationsanalyse nachgewiesene signifikante Zusammenhang zwischen Interesse und negativer Aktivierung konnte im Rahmen der Regressionsanalyse bekräftigt werden. Eine höhere Selbsteinschätzung des Interesses ($p=0.026$) würde mit einem Absinken der negativen Aktivierung um 0.348 resultieren. Die Wertschätzung des E-Learning Materials würde somit in gesteigerter Ruhe und Entspanntheit während des Lernens resultieren. Der bereits während der ersten Messung gezeigte signifikante positiv gerichtete Einfluss der Misserfolgsbefürchtung konnte auch für die zweite Messung bestätigt werden ($p=0.002$).

Tabelle 31: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Valenz der zweiten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	0.363* (0.011)	0.153	0.353
Herausforderung	0.249 (0.132)	0.181	0.198
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.041 (0.746)	0.140	-0.037
Misserfolgsbefürchtung	-0.289* (0.007)	0.115	-0.311
R^2	0.293		
korr. R^2	0.250		
F(4,66)	6.486 (<0.001)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 31 zeigt analog zu den Befunden der ersten Messung einen signifikanten Einfluss der aktuellen Motivation auf die Valenz, $F(4,66)=6.486$, $p<0.001$, mit einer moderaten Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.250$). Ähnlich zum Faktor negative Aktivierung zeigte sich auch für die Valenz, dass das Interesse eine signifikante Einflussgröße ($p=0.011$) darstellte. Der Einfluss war positiv gerichtet, das heißt höhere Interessenbewertungen würden mit einem Anstieg der Valenz um 0.363

einhergehen. Die Misserfolgsbefürchtung übte ähnlich zur ersten Messung weiterhin einen signifikanten ($p=0.007$) und negativ gerichteten Einfluss aus. In der zweiten Messung stellte sich das Interesse somit für alle drei PANAVA-Faktoren als signifikante Einflussgröße heraus.

Die drei Regressionsanalysen des dritten Messzeitpunkts (siehe Tabellen 32 bis 34) lieferten ebenfalls allesamt signifikante Ergebnisse. Änderungen hinsichtlich des Faktors positive Aktivierung ergaben sich dahingehend, dass anstelle der Misserfolgsbefürchtung die Erfolgswahrscheinlichkeit ($p=0.027$) als signifikante Einflussgröße neben dem Interesse und der Herausforderung in Erscheinung trat. Eine höhere Selbsteinschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit würde mit einem Absinken der positiven Aktivierung um 0.320 einhergehen, was als unerwarteter Befund angesehen werden konnte. Eine hohe Zuversicht in ein erfolgreiches Bewältigen der gestellten Anforderungen würde demnach eher zu affektiven Zuständen, wie Ermüden, Lustlosigkeit oder Langeweile führen. Die Misserfolgsbefürchtung blieb unverändert der signifikante Prädiktor der negativen Aktivierung. Die Valenz wurde bei der dritten Messung ebenfalls positiv durch das Interesse beeinflusst ($p=0.007$). Anstelle der Misserfolgsbefürchtung zeigte sich in der dritten Messung auch für die Valenz die Erfolgswahrscheinlichkeit als signifikante Einflussgröße und dies ebenfalls mit unerwartetem negativem Einfluss.

Tabelle 32: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der positiven Aktivierung der dritten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	0.553* (<0.001)	0.149	0.447
Herausforderung	0.459* (0.012)	0.177	0.304
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.320* (0.022)	0.137	-0.243
Misserfolgsbefürchtung	-0.203 (0.076)	0.113	-0.182
R ²	0.426		
korr. R ²	0.391		
F(4,66)	12.249 (<0.001)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 33: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der dritten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	-0.322 (0.056)	0.165	-0.285
Herausforderung	-0.134 (0.497)	0.196	-0.097
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.177 (0.246)	0.151	0.148
Misserfolgsbefürchtung	0.278* (0.029)	0.125	0.273
R ²	0.152		
korr. R ²	0.100		
F(4,66)	2.951 (0.026)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 34: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Valenz der dritten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	0.507* (0.007)	0.181	0.388
Herausforderung	0.233 (0.282)	0.215	0.147
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.377* (0.027)	0.166	-0.271
Misserfolgsbefürchtung	-0.104 (0.448)	0.137	-0.089
R ²	0.240		
korrig. R ²	0.194		
F(4,66)	5.205 (0.001)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die Regressionsanalysen des vierten Messzeitpunkts (siehe Tabellen 35 bis 37) setzten die durchgehend signifikanten Befunde hinsichtlich des Einflusses der aktuellen Motivation auf das emotionale Befinden fort. Das Interesse ($p=0.001$) stellte für die positive Aktivierung weiterhin den wichtigsten Einflussfaktor dar. Im Gegensatz zu den vorherigen drei Messungen wirkte die Herausforderung nicht mehr als signifikante Einflussgröße, was mit der größeren Vertrautheit im Umgang mit der E-Learning Plattform zusammenhängen könnte. Die Erfolgswahrscheinlichkeit ($p=0.024$) wirkte analog zum dritten Messzeitpunkt wieder signifikant und unerwartet negativ. Eine hohe Zuversicht hinsichtlich des erfolgreichen Bewältigens der gestellten Aufgaben konnte somit nicht den niedrigen Ausprägungen der positiven Aktivierung, wie Langeweile, Müdigkeit oder Lustlosigkeit entgegenwirken. Für die negative Aktivierung blieb weiterhin die Misserfolgsbefürchtung ($p=0.008$) der einzige signifikante Einflussfaktor. Das Interesse wies somit nur an einem Messzeitpunkt einen signifikanten Einfluss auf die negative Aktivierung auf. Die Valenz wurde wiederholt vom Interesse ($p=0.002$) signifikant beeinflusst. Die Erfolgswahrscheinlichkeit wirkte nicht signifikant, somit war der Einfluss der dritten Messung ein einmaliges Phänomen. Die Misserfolgsbefürchtung wirkte analog zur ersten und zweiten Messung wieder signifikant ($p=0.030$) und mit einer negativen Ausprägung von 0.255.

Tabelle 35: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der positiven Aktivierung der vierten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	0.562* (0.001)	0.157	0.455
Herausforderung	0.359 (0.057)	0.185	0.238
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.331* (0.024)	0.143	-0.252
Misserfolgsbefürchtung	-0.203 (0.091)	0.118	-0.182
R ²	0.369		
korrig. R ²	0.331		
F(4,66)	9.661 (<0.001)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 36: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der vierten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	-0.256 (0.136)	0.170	-0.218
Herausforderung	-0.239 (0.239)	0.201	-0.167
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.104 (0.506)	0.155	0.083
Misserfolgsbefürchtung	0.349* (0.008)	0.128	0.329
R ²	0.177		
korr. R ²	0.128		
F(4,66)	3.558 (0.011)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 37: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Valenz der vierten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	0.495* (0.002)	0.153	0.428
Herausforderung	0.279 (0.128)	0.181	0.198
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.218 (0.123)	0.140	-0.178
Misserfolgsbefürchtung	-0.255* (0.030)	0.115	-0.245
R ²	0.314		
korr. R ²	0.272		
F(4,66)	7.544 (<0.001)		

Anmerkungen. N=71. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Insgesamt konnte die Hypothese dahingehend bestätigt werden, dass für jeden der drei Messzeitpunkte während des Lernens mit NanoTecLearn und für alle untersuchten Kombinationen signifikante Einflüsse festgestellt werden konnten. Ein hohes Interesse ging in allen Fällen mit einer hohen positiven Aktivierung und einer positiv ausgeprägten Valenz einher. Die negative Aktivierung wurde hauptsächlich durch die Misserfolgsbefürchtung signifikant beeinflusst. Überraschend war der Einfluss der Erfolgswahrscheinlichkeit, die bei hoher Ausprägung keinen oder sogar einen negativen Einfluss auf das Befinden während des Lernens hatte. Die Korrelationsanalyse betonte insbesondere die Wichtigkeit der für das selbstregulierte Lernen bedeutsamen Faktoren Interesse und Herausforderung der aktuellen Motivation.

Die zu den Hypothesen 7 und 8 gehörende Forschungsfrage konnte somit dahingehend beantwortet werden, dass ein Zusammenhang zwischen der aktuellen Motivation vor dem Lernen mit NanoTecLearn und dem emotionalen Befinden während des Lernens nachgewiesen werden konnte. Dies galt für alle vier Messzeitpunkte und darüber hinaus zeigten sich keine grundsätzlichen Änderungen der Einflüsse in Form unmittelbar feststellbarer Motivationseinbrüche (z.B. eine merklich geänderte Ausprägung der Aktivierungsfaktoren oder Valenz zwischen zwei Messzeitpunkten). Die nachfolgende Hypothese diente der Beantwortung der Forschungsfrage zur Prüfung der indirekten Wirkbeziehung der aktuellen Motivation vermittelt über das emotionale Befinden auf die Resultate des Abschlusstests.

H9: Je höher die aktuelle Motivation, vermittelt durch das emotionale Befinden während der E-Learning Session, desto besser sind die Lernresultate.

Diese Hypothese wurde mithilfe einer Mediationsanalyse ausgewertet. Die Auswertung basierte auf der in Abschnitt 3.2 postulierten Grundannahme des Prozessmodells der Lernmotivation, wonach die aktuelle Motivation indirekt über Vermittlungsgrößen auf die Lernresultate wirkt (Rheinberg et al. 2000, S. 506–507). Die Datenanalyse erfolgte mithilfe des PROCESS-Makros für SPSS von Hayes und dessen postulierte Modell 6 mit drei Mediatoren (Hayes 2013, S. 10). Die über den FAM abgefragte aktuelle Motivation diente als unabhängige Variable und die Punktzahl des Abschlusstests diente als abhängige Variable. Die drei PANAVA-Messzeitpunkte während des Lernens mit NanoTecLearn wurden als Mediatoren aufgefasst. Die erste Messung wurde ausgelassen, da sie zum einen lediglich eine Kontrollmessung des Ausgangswerts des emotionalen Befindens darstellte und sich die Betrachtung zum anderen lediglich auf das emotionale Befinden während des Lernens mit NanoTecLearn beschränken sollte. Die angenommene Wirkbeziehung wird in Abbildung 39 dargestellt.

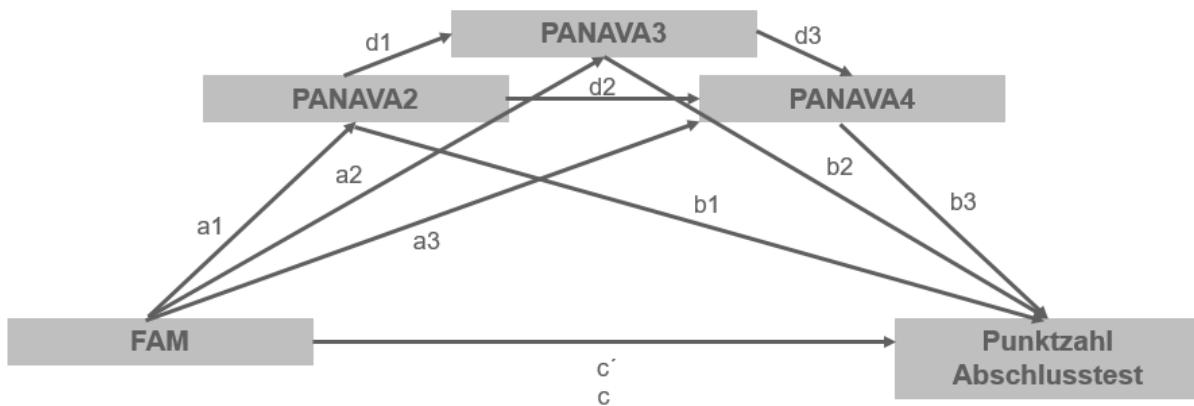
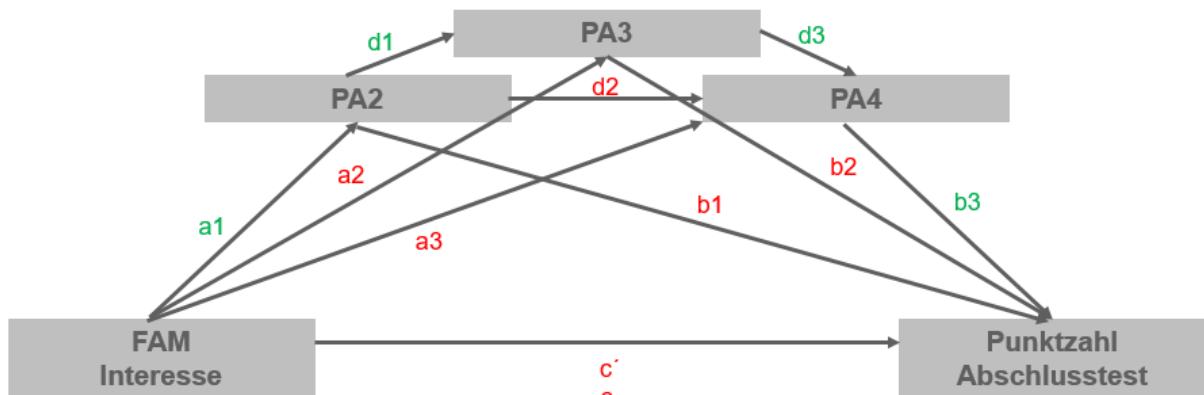


Abbildung 39: Mediationsmodell zur Vorhersage der Lernresultate durch die aktuelle Motivation vermittelt über das emotionale Befinden (eigene Darstellung nach Modell 6 von Hayes 2013, S. 10)

Die Mediationsanalyse wurde für alle Kombinationen der vier FAM-Faktoren mit den drei PANAVA-KS Faktoren durchgeführt. Dabei wurden jeweils alle möglichen Pfade des Modells analysiert, das heißt von der aktuellen Motivation ausgehend zu den drei Messzeitpunkten (a_1, a_2, a_3) sowie die Beziehungen zwischen den Mediatoren untereinander (d_1, d_2, d_3) und deren Einfluss auf die Punktzahl des Abschlusstests (b_1, b_2, b_3). Weiterhin wurde der totale Effekt über alle Kanten des Modells ermittelt (c) sowie der direkte Effekt der aktuellen Motivation auf die Lernresultate ohne Berücksichtigung der Mediatoren (c'). Dies erfolgte mittels statistischer Datenanalyse (Gelfand et al. 2009; MacKinnon 2008). Signifikante Ergebnisse werden nachfolgend in Form der Abbildungen der Mediationsmodelle dargestellt. Die übrigen nicht signifikanten Kombinationen finden sich in Anhang A1.3.

Vor der Analyse der eigentlichen Mediation wurden in einem ersten Schritt die Ergebnisse des Abschlusstests zur Vervollständigung der Befundlage ausgewertet. Insgesamt wurde von den Studierenden eine akzeptable durchschnittliche Punktzahl unter Berücksichtigung der maximal möglichen 7 Punkte erreicht ($M=4.23$, $SD=1.21$). Die Note 1 wurde nicht erreicht und die Note 2 von 11 Probanden. Die Note 3 wurde von 21 Probanden und somit ca. 30% erzielt. Knapp 10% der Probanden erreichten lediglich die Note 5, die restlichen ca. 45% der Studierenden schnitten mit der Note 4 ab. Der Lernerfolg war somit eher moderat ausgeprägt und entsprach dem durchschnittlichen Vorwissen der Stichprobe. Eine Korrelationsanalyse zeigte einen moderaten positiven Zusammenhang, knapp oberhalb des Signifikanzniveaus ($r=0.231$, $p=0.052$). Eine einfache lineare Regressionsanalyse zeigte ebenfalls eine lediglich geringe Varianzaufklärung von $R^2=0.053$ und insgesamt keine signifikanten Ergebnisse, $F(1,69)=3.900$, $p=0.052$. Das domänen spezifische Vorwissen konnte somit vorab bereits als mögliche primäre Einflussgröße der Punktzahl des Abschlusstests ausgeschlossen werden. Das Vorwissen im Themenbereich Mikrotechnik hatte demnach keinen signifikanten Einfluss auf das Verständnis der spezifischen Inhalte des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“.



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.634, $p<0.001$), a2(0.186, $p=0.079$), a3(0.172, $p=0.167$)

b1(-0.250, $p=0.289$), b2(-0.443, $p=0.061$), b3(0.472, $p=0.013$)

c'(0.345, $p=0.073$)

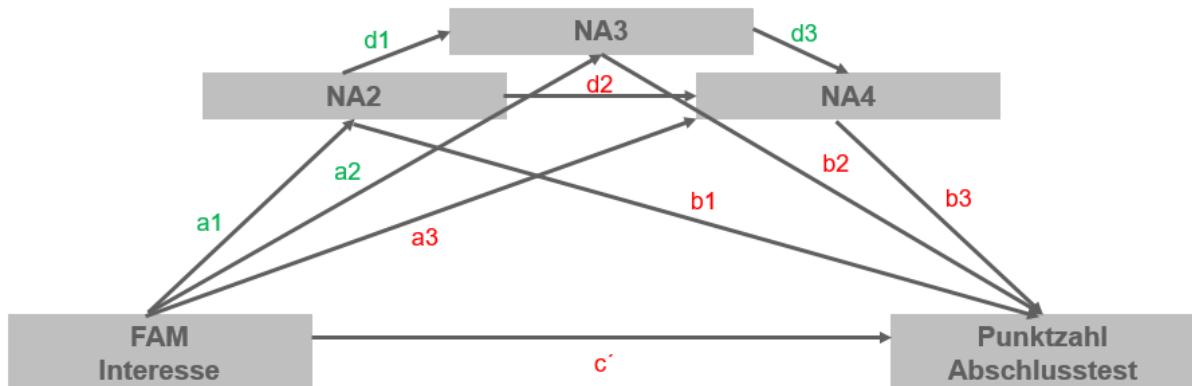
d1(0.783, $p<0.001$), d2(0.196, $p=0.204$), d3(0.505, $p<0.001$)

c(0.188, $p=0.247$)

Abbildung 40: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die positive Aktivierung

Abbildung 40 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung der Kombination aus Interesse und positiver Aktivierung. Zur besseren Nachvollziehbarkeit wurden die signifikanten Pfade grün und die nicht signifikanten Pfade rot markiert. Die Mediationsanalyse (Hayes 2018) zeigte, dass kein signifikanter totaler Effekt c des Interesses auf die Punktzahl des Abschlusstests festgestellt werden konnte, $B=0.188$, $p=0.247$. Ein signifikanter Pfad entsprechend der ursprünglichen Modellannahme konnte über a1, d1, d3 und b3, das heißt über alle drei Messzeitpunkte, nachgewiesen werden (B- und p-Werte für die Pfade sind Abbildung 40 zu entnehmen). Der direkte Effekt c' ohne Einbeziehen der Mediatoren

war nicht signifikant ($B=0.345$, $p=0.073$). Der gesamte komplett standardisierte indirekte Effekt betrug -0.117 , 95%-KI[-3.04, 0.051]. Effekte wurden als signifikant erachtet, wenn das Konfidenzintervall die Null nicht einschloss, was für den Gesamteffekt jedoch der Fall war. Zwei indirekte Effekte zeigten signifikante Resultate. Zum einen der Pfad über a_1 , d_1 , $b_2=-0.163$, 95%-KI[-0.350, -0.011] (wobei der Pfad b_2 mit $p=0.061$ jedoch knapp oberhalb des Signifikanzniveaus von 0.05 lag) sowie zum anderen der Pfad über alle drei Mediatoren mit einem Koeffizienten von 0.088 , 95%-KI[0.016, 0.215]. Im Fall der Kombination aus Interesse und positiver Aktivierung konnte somit von einer Mediation ausgegangen werden, wobei der Gesamteffekt nicht signifikant war, der für die theoriebasierte Modellannahme relevante Effekt über alle drei Mediatoren jedoch schon. Da in der Literatur das Identifizieren signifikanter Pfade im Modell für den Nachweis der Mediation wichtiger erachtet wird als das Vorhandensein eines signifikanten totalen Effekts (Gelfand et al. 2009; MacKinnon 2008) wurde die Mediationsbeziehung für den Pfad über alle drei Mediatoren angenommen. Die in den Hypothesen 7 und 8 gezeigten signifikanten positiven Beziehungen zwischen Interesse und positiver Aktivierung konnten dementsprechend mithilfe der Mediation bekräftigt werden.



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

$a_1(-0.347, p=0.007)$, $a_2(-0.089, p=0.048)$, $a_3(-0.047, p=0.598)$

$b_1(0.051, p=0.807)$, $b_2(0.285, p=0.303)$, $b_3(-0.335, p=0.161)$

$c'(0.190, p=0.273)$

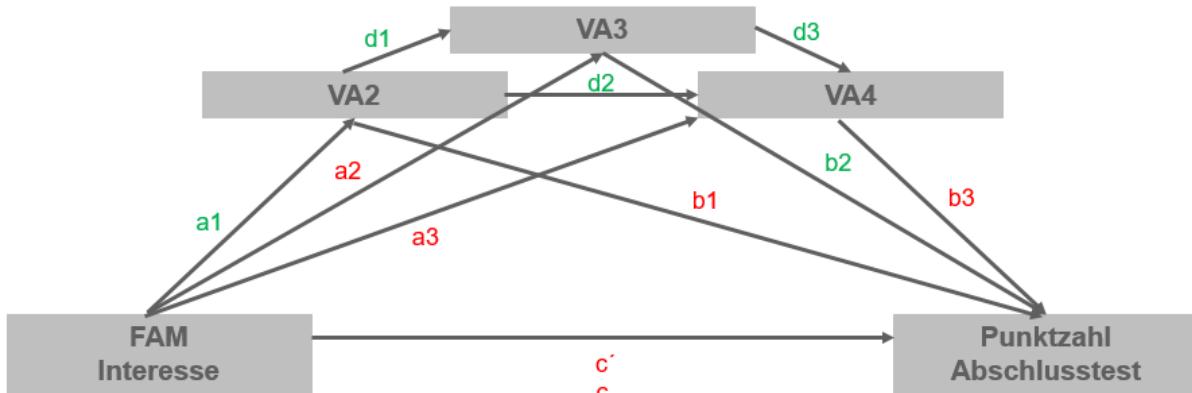
$d_1(0.677, p<0.001)$, $d_2(0.039, p=0.716)$, $d_3(0.805, p<0.001)$

$c(0.188, p=0.247)$

Abbildung 41: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die negative Aktivierung

Die in Abbildung 41 dargestellte Mediationsanalyse zeigte ebenfalls keinen signifikanten totalen Effekt c des Interesses auf die Punktzahl des Abschlusstests vermittelt über die negative Aktivierung, $B=0.188$, $p=0.247$. Ein signifikanter Pfad entsprechend der Modellannahme konnte nicht vollständig nachgewiesen werden. Der Pfad des Interesses über die drei Mediatoren (a_1 , d_1 , d_3) war zwar signifikant, jedoch nicht der relevante Pfad zur Punktzahl des Abschlusstests b_3 ($B=-0.335$, $p=0.161$). Der direkte Effekt c' ohne Einbeziehen der Mediatoren war ebenfalls nicht signifikant ($B=0.190$,

$p=0.273$). Der gesamte komplett standardisierte indirekte Effekt betrug -0.002 , 95%-KI $[-0.109, 0.091]$, das heißt das Konfidenzintervall enthielt die Null und der Gesamteffekt war somit nicht signifikant. Die Konfidenzintervalle der weiteren Pfadkombinationen enthielten ebenfalls allesamt die Null, das heißt in Übereinstimmung mit Abbildung 41 konnte nachgewiesen werden, dass kein indirekter Effekt der aktuellen Motivation über das emotionale Befinden auf den Abschlusstest für den PANAVA-Faktor negative Aktivierung vorlag.



Anmerkungen: Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.453, $p<0.001$), a2(0.204, $p=0.137$), a3(0.138, $p=0.113$)

b1(-0.001, $p=0.998$), b2(-0.373, $p=0.046$), b3(0.191, $p=0.456$)

c'(0.276, $p=0.137$)

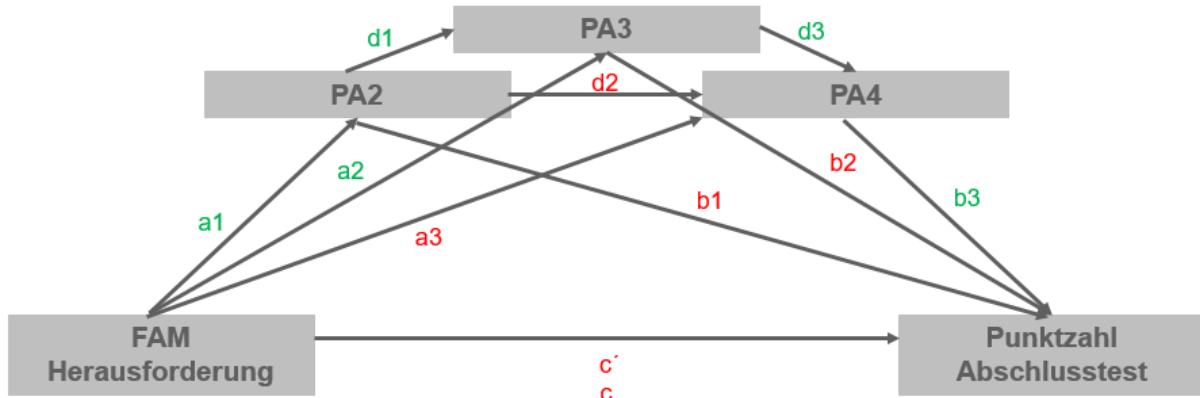
d1(0.700, $p<0.001$), d2(0.503, $p<0.001$), d3(0.369, $p<0.001$)

c(0.188, $p=0.247$)

Abbildung 42: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die Valenz

Die Mediationsanalyse mit dem PANAVA-KS Faktor Valenz (siehe Abbildung 42) zeigte, dass ein signifikanter totaler Effekt c des Interesses auf die Punktzahl des Abschlusstests nicht festgestellt werden konnte, $B=0.188$, $p=0.247$. Ein signifikanter Pfad entsprechend der ursprünglichen Modellannahme konnte über a1, d1, b2 gezeigt werden, das heißt die vierte Messung der Valenz hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Punktzahl des Abschlusstests. Der direkte Effekt c' ohne Einbeziehen der Mediatoren war nicht signifikant ($B=0.276$, $p=0.137$). Der gesamte komplett standardisierte indirekte Effekt betrug -0.065 , 95%-KI $[-0.218, 0.071]$ und war somit analog zu den anderen beiden PANAVA-KS Faktoren nicht signifikant. Das Konfidenzintervall des Pfads a1, d1, b2= -0.088 , 95%-KI $[-0.196, -0.001]$ enthielt die Null nicht. Dieser Pfad wurde der Abbildung entsprechend bereits als signifikant markiert, was mit dieser Betrachtung nochmals bestätigt werden konnte. Im Fall der Kombination aus Interesse und Valenz konnte von einer Mediation für die Messzeitpunkte zwei und drei gesprochen werden, wobei der Gesamteffekt wieder nicht signifikant war. Die Valenz wurde demnach durch die beiden interaktiven Elemente von NanoTecLearn nicht signifikant beeinflusst, was sich bereits bei den Analysen von Hypothese 8 andeutete.

Die Kombinationen aus emotionalem Befinden und den drei weiteren FAM-Faktoren zeigten im Unterschied zum Interesse insgesamt kaum nachweisbare signifikante Einflüsse und Wirkbeziehungen. Nachfolgend werden daher in den Abbildungen 43 bis 45 lediglich die Kombinationen mit signifikanten Gesamtpfaden dargestellt.



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.671, p<0.001), a2(0.275, p=0.023), a3(0.148, p=0.314)

b1(-0.199, p=0.395), b2(-0.462, p=0.056), b3(0.494, p=0.01)

c'(0.339, p=0.133)

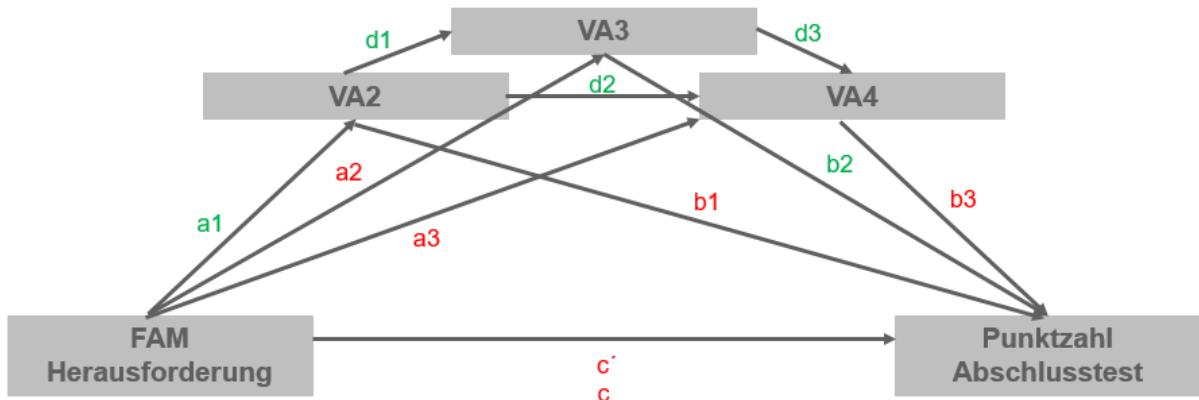
d1(0.778, p<0.001), d2(0.226, p=0.138), d3(0.507, p<0.001)

c(0.185, p=0.350)

Abbildung 43: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die positive Aktivierung

Die in Abbildung 43 dargestellte Mediationsanalyse zeigte für die Kombination aus Herausforderung und positiver Aktivierung, dass ein signifikanter totaler Effekt c nicht festgestellt werden konnte, $B=0.185$, $p=0.350$. Ein signifikanter Pfad entsprechend der ursprünglichen Modellannahme konnte über a_1 , d_1 , d_3 b_3 , das heißt über alle drei Messzeitpunkte, nachgewiesen werden. Darüber hinaus zeigte sich ein weiterer signifikanter Pfad von der Herausforderung über die Messzeitpunkte drei und vier zum Abschlusstest (a_2 , d_3 , b_3). Der direkte Effekt c' ohne Einbeziehen der Mediatoren war nicht signifikant ($B=0.339$, $p=0.133$). Der gesamte komplett standardisierte indirekte Effekt betrug -0.093, 95%-KI[-0.288, 0.087]. Da das Konfidenzintervall somit die Null einschloss, war der Gesamteffekt nicht signifikant. Signifikante indirekte Effekte konnten ferner jedoch für insgesamt vier Pfade nachgewiesen werden. Der erste Pfad war a_1 , d_1 , $b_2=-0.078$, 95%-KI[-0.0189, -0.002], wobei Pfad b_2 mit $p=0.056$ jedoch knapp oberhalb des Signifikanzniveaus lag. Der zweite Pfad war jener, der von der Herausforderung direkt über den dritten Messzeitpunkt zum Abschlusstest führte (a_2 , b_2). Auch dieser Pfad schloss den nicht signifikanten Pfad b_2 ein. Die weiteren beiden Pfade wurden bereits über die Abbildung als signifikant identifiziert. Den ersten Pfad bildete somit jener über alle drei Mediatoren a_1 , d_1 , d_3 , $b_3=0.080$, 95%-KI[0.014, 0.203] und den weiteren stellte jener über die dritte und vierte Messung dar a_2 , d_3 , $b_3=0.042$, 95%-KI[0.007, 0.098]. Im Fall der Kombination aus Herausforderung

und positiver Aktivierung konnte somit von einer Mediation gesprochen werden, wobei der Gesamteffekt wieder nicht signifikant war, es jedoch insgesamt zwei signifikante indirekte Pfade gab.



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.441, p=0.003), a2(-0.142, p=0.248), a3(0.127, p=0.215)

b1(0.023, p=0.924), b2(-0.376, p=0.046), b3(0.218, p=0.395)

c'(0.262, p=0.225)

d1(0.685, p<0.001), d2(0.523, p<0.001), d3(0.374, p<0.001)

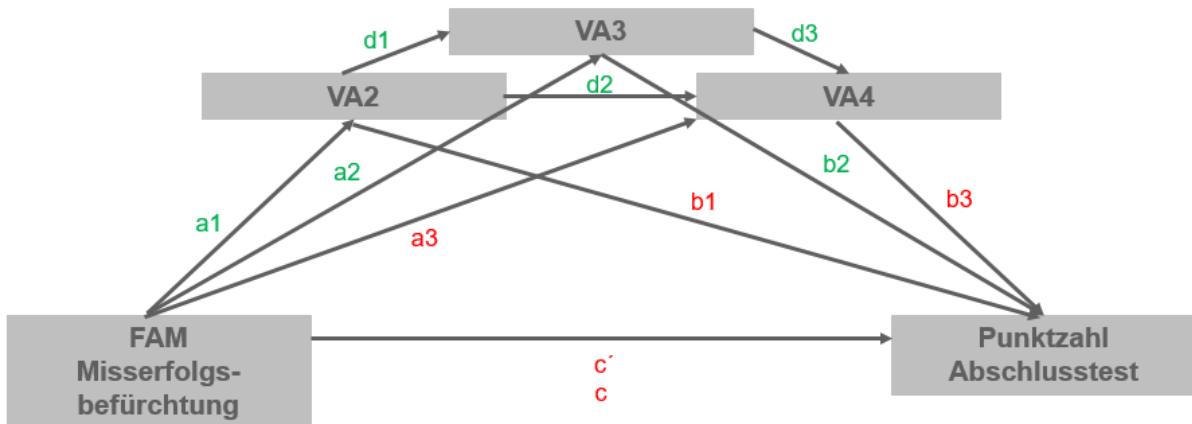
c(0.185, p=0.350)

Abbildung 44: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die Valenz

Die in Abbildung 44 dargestellte Mediationsanalyse zeigte für den PANAVA-KS Faktor Valenz, dass ein signifikanter totaler Effekt c der Herausforderung auf die Punktzahl des Abschlusstests nicht festgestellt werden konnte, $B=0.185$, $p=0.350$. Ein signifikanter Pfad entsprechend der ursprünglichen Modellannahme konnte wie bei der Kombination aus Interesse und Valenz über a_1 , d_1 , und b_2 nachgewiesen werden, das heißt die vierte PANAVA-Messung hatte hinsichtlich der Valenz keinen signifikanten Einfluss auf die Punktzahl des Abschlusstests. Der direkte Effekt c' ohne Einbeziehen der Mediatoren war nicht signifikant ($B=0.262$, $p=0.225$). Der gesamte komplett standardisierte indirekte Effekt betrug -0.047 , 95%-KI $[-0.176, 0.072]$ und war somit nicht signifikant. Das Konfidenzintervall des Pfads a_1 , d_1 , $b_2=-0.073$, 95%-KI $[-0.173, -0.002]$ enthielt die Null nicht. Im Fall der Kombination aus Herausforderung und Valenz konnte somit in Übereinstimmung mit den Befunden des Interesses und der Valenz eine Mediation für die Messzeitpunkte zwei und drei nachgewiesen werden, wobei der Gesamteffekt nicht signifikant war. Die vierte Messung war hinsichtlich der Valenz somit auch für den FAM-Faktor Herausforderung zu vernachlässigen.

Die Kombinationen der Erfolgswahrscheinlichkeit mit den drei PANAVA-KS Messungen konnten für keinen der drei Faktoren des emotionalen Befindens einen signifikanten Gesamtpfad des Modells nachweisen (siehe Anhang A1.3). Für die positive Aktivierung bestanden signifikante Pfade lediglich teilweise zwischen den drei Mediatoren und dem Abschlusstest, jedoch nicht von der Erfolgswahrscheinlichkeit zum emotionalen Befinden. Dies deckte sich zudem mit den Befunden von Hypothese 8, bei denen ebenfalls keine Zusammenhänge zwischen diesen beiden Faktoren

nachgewiesen konnten. Für die Kombination aus Erfolgswahrscheinlichkeit und negativer Aktivierung sowie Valenz sprach die Befundlage noch deutlicher gegen eine Mediation.



Anmerkungen: Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(-0.225, p=0.043), a2(0.252, p=0.027), a3(0.117, p=0.149)

b1(-0.092, p=0.716), b2(-0.395, p=0.044), b3(0.276, p=0.281)

c'(0.116, p=0.459)

d1(0.852, p<0.001), d2(-0.0001, p=0.9996), d3(0.821, p<0.001)

c(0.036, p=0.809)

Abbildung 45: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die Valenz

Die Kombinationen zwischen dem FAM-Faktor Misserfolgsbefürchtung und den beiden Aktivierungsfaktoren zeigten ebenfalls lediglich signifikante Teilpfade, jedoch keine Gesamtpfade. Mediation konnte nur, wie in Abbildung 45 veranschaulicht, für die Kombination aus Valenz und Misserfolgsbefürchtung nachgewiesen werden. Die Mediationsanalyse mit dem PANAVA-Faktor Valenz zeigte, dass ein signifikanter totaler Effekt c der Misserfolgsbefürchtung auf die Punktzahl des Abschlusstests nicht festgestellt werden konnte, $B=0.036$, $p=0.809$. Insgesamt konnten zwei signifikante Pfade ermittelt werden. Der erste Pfad verlief über die Messzeitpunkte zwei und drei (a1, d1, b2) und der zweite nur über den Pfad der dritten Messung (a2, b2). Somit hatte die vierte Messung wiederholt keinen signifikanten Einfluss auf die Punktzahl des Abschlusstests. Der direkte Effekt c' war nicht signifikant ($B=0.116$, $p=0.459$). Der gesamte komplett standardisierte indirekte Effekt war ebenfalls nicht signifikant, -0.066 , 95%-KI[-0.163, 0.050]. Entgegen der in der Abbildung gezeigten beiden signifikanten Pfade konnten weiterführend keine signifikanten indirekten Effekte nachgewiesen werden, da die Konfidenzintervalle sämtlicher Pfadkombinationen die Null enthielten. Ein signifikanter indirekter Effekt und somit eine Mediation im eigentlichen Sinn konnte ebenso wie ein signifikanter Gesamteffekt für die Kombination aus Valenz und Misserfolgsbefürchtung nicht nachgewiesen werden.

Die Hypothese und zugehörige Forschungsfrage mussten somit differenziert beantwortet werden. Insgesamt konnte für keine Kombination ein signifikanter Gesamteffekt über alle Kanten gezeigt

werden, was in der Literatur, wie zuvor erwähnt, jedoch nicht mehr zwingend als Voraussetzung für Mediation angesehen wird. Die Modellannahme konnte insgesamt am deutlichsten für die Kombinationen aus dem FAM-Faktor Interesse und den Faktoren des emotionalen Befindens, insbesondere für die positive Aktivierung, nachgewiesen werden. Diese Befunde deuteten sich bereits in den Ergebnissen der Hypothesen 7 und 8 an. Der Aktivierungsaspekt der Motivationsdefinition schien sich somit in der Wirkbeziehung widerzuspielen (Rheinberg und Vollmeyer 2018, S. 18). Für die leistungsthematischen Aspekte der aktuellen Motivation konnte keine eindeutige Wirkbeziehung hinsichtlich des emotionalen Befindens und der Lernresultate gezeigt werden. Beim FAM-Faktor Herausforderung konnte Mediation nur in Kombination mit der positiven Aktivierung und Valenz nachgewiesen werden. Die negative Aktivierung eignete sich für keinen der vier FAM-Faktoren als geeignet für den Nachweis einer Mediationsbeziehung. Ferner wurde die Annahme bestätigt, dass in keiner Kombination ein signifikanter direkter Einfluss der unabhängigen Variable (aktuelle Motivation) auf die abhängige Variable (Punktzahl im Abschlusstest) vorlag. Somit konnte die Forschungsfrage dahingehend beantwortet werden, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Lernresultaten gab und für die Faktoren Interesse und Herausforderung in Kombination mit positiver Aktivierung und Valenz Mediationseffekte nachgewiesen werden konnten.

H10: Es zeigen sich signifikante Unterschiede im emotionalen Befinden in Abhängigkeit des aktuellen Abschnitts der E-Learning Plattform.

Die abschließende Hypothese und Forschungsfrage der Motivationsstudie 1 befasste sich mit dem Grad der Veränderung des emotionalen Befindens während des Lernens mit NanoTecLearn. Vorarbeiten in Form der Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der vier PANAVA-KS Messungen wurden bereits innerhalb der Hypothesen 7 und 8 geleistet. Das Instrument wurde zudem als reliabel im Kontext der Studie identifiziert. Zur Identifikation etwaiger signifikanter Unterschiede zwischen den Faktoren des PANAVA-KS während der vier Messzeitpunkte wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung (Bortz und Schuster 2010, S. 285–288) und anschließenden Post-Hoc-Tests nach Bonferroni durchgeführt (Janssen und Laatz 2017, S. 353–356; Lakens 2013). Dieses Verfahren wurde gewählt, da dieselbe Stichprobe im Rahmen einer Testsession mehrfach hinsichtlich ihres emotionalen Befindens befragt wurden.

Die erste ANOVA mit Messwiederholung (Sphärizität angenommen, Mauchly-W(5)=0.887, $p=0.144$) zeigte, dass es signifikante Unterschiede in der positiven Aktivierung zwischen den vier Messzeitpunkten gab, $F(3,210)=3.879$, $p=0.010$, $\eta^2=0.053$. Bonferroni-korrigierte paarweise Vergleiche zeigten, dass die positive Aktivierung der ersten Messung nach der Orientierung signifikant höher war als die positive Aktivierung der zweiten Messung nach der Theorie ($p=0.026$, 95%-KI[-0.588, -0.024]). Es kam somit zu einem signifikanten Absinken der positiven Aktivierung nach Abschluss des umfangreichen Textteils der Theorie im Vergleich zur Ausgangsmessung vor dem Lernen mit

NanoTecLearn. Zwischen den drei Messzeitpunkten während des Lernens mit NanoTecLearn konnten keine signifikanten Unterschiede im emotionalen Befinden nachgewiesen werden, was sich bereits in den Häufigkeitsanalysen der Hypothesen 7 und 8 andeutete. Die Lerninhalte stimulierten die Studierenden demnach nicht in einem Ausmaß, das zu einer signifikanten Verbesserung oder Verschlechterung des Befindens führte. Diese Befundlage sollte bei der Untersuchung der adaptiven Systemvarianten weiterführend untersucht werden. Für die ANOVA mit Messwiederholung zur Analyse der Unterschiede der Messzeitpunkte der negativen Aktivierung lag keine Sphärizität vor (Mauchly-W(5)=0.695, p<0.001), somit wurde eine Greenhouse-Geisser Korrektur vorgenommen, die keine signifikanten Unterschiede zwischen den Messungen aufzeigte, $F(3,176.963)=0.028$, $p=0.988$, $\eta^2<0.001$. Auf weiterführende Post-Hoc-Tests wurde daher verzichtet. Für die negative Aktivierung konnte somit nachgewiesen werden, dass sich Zustände wie Nervosität oder Entspannung während der begrenzten Zeit der E-Learning Session nicht signifikant änderten. Für die ANOVA der Valenz konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Aufgrund nicht vorliegender Sphärizität (Mauchly-W(5)=0.706, p<0.001) wurde wieder eine Greenhouse-Geisser Korrektur vorgenommen, die ein nicht signifikantes Ergebnis lieferte, $F(3,172.049)=0.515$, $p=0.636$, $\eta^2=0.007$. Je nach Ausprägung der Valenz änderte sich das übergeordnete Wohlbefinden oder Zufriedenheitsgefühl somit nicht signifikant beim Lernen mit NanoTecLearn.

Die Hypothese und zugehörige Forschungsfrage mussten aufgrund der Befundlage eher abgelehnt werden, da für die Faktoren negative Aktivierung und Valenz keine signifikanten Unterschiede während des Lernens mit NanoTecLearn nachweisbar waren. Für die positive Aktivierung konnte lediglich ein Absinken zwischen Ausgangswert und Theorienteil des zu bearbeitenden Booklets festgestellt werden, nicht jedoch Unterschiede zwischen den drei Messzeitpunkten während der E-Learning Session. Der Wechsel der Wissenszugänge hatte demnach keinen Einfluss auf das emotionale Befinden während des Lernens. In der Evaluation der adaptiven Systemvarianten sollten diese Befunde weiterführend analysiert werden, um Einschätzungen treffen zu können, inwiefern sich das Befinden von Studierenden während einer zeitlich begrenzten E-Learning Session tatsächlich ändern würde.

Auswertung der Abschlussinterviews

Die Kernaussagen der Interviews (siehe Tabellen 160 bis 168 in Anhang A1.4) wurden entsprechend den Fragen des Leitfadens (siehe Anhang A1.1) gruppiert und zusammengefasst.

Frage 1: Wie gut hat Ihnen das Lernen mit der E-Learning Plattform NanoTecLearn gefallen?

Das Design der Plattform wurde mehrheitlich als ansprechend bezeichnet. Gefallen fanden z.B. die schlichte Gestaltung der Benutzeroberfläche, die nicht unnötig vom Inhalt ablenkte, die gute Lesbarkeit der Texte und der Single-Page Ansatz, der häufige Seitenwechsel verhinderte. Weiterhin

wurde die Plattform insgesamt als übersichtlich und verständlich bezeichnet sowie als gute Mischung aus textuellen und visuellen Bestandteilen. Diese Erkenntnisse waren größtenteils in Übereinstimmung mit den guten Ergebnissen, die die Plattform hinsichtlich des Instruktionsdesigns erzielen konnte (siehe Ergebnisse von Hypothese 4). NanoTecLearn wurde zudem mehrfach als möglicher Mehrwert für das eigene Lernen benannt, da die Inhalte zum Thema gebündelt aufbereitet waren und somit zeitaufwändige Recherchen vermieden werden könnten. Einer Person war die Plattform zudem bereits aus einer Lehrveranstaltung bekannt und positiv aufgefallen.

Als spezifische Gründe für das Ansteigen der Lernmotivation nannte die Mehrzahl der Probanden die interaktiven Abschnitte, wie Probenbetrachter oder Formeln und betonte deren motivierende Wirkung beim Verstehen theoretischer Konzepte. Diesbezüglich wurde insbesondere die Qualität der REM-Aufnahmen des Probenbetrachters hervorgehoben sowie das direkte Feedback der interaktiven Formel beim Betätigen der Schieberegler. Die permanent verfügbaren Verlinkungen erleichterten zudem das Nachschlagen von Begriffen oder Abschnitten während der Arbeit mit den interaktiven Elementen. Eine Person mit geringem Vorwissen betonte die motivierende Funktion des Abschnitts Orientierung zum besseren Einordnen des Themas. Hervorgehoben wurde ferner die aktive Rolle, die die Probanden während des Abschnitts Interaktion einnehmen konnten. Als positives Beispiel wurde explizit die Zoomfunktion des Probenbetrachters genannt. Mehrfach wurden das Glossar und die dazugehörigen Mouseover-Effekte als hilfreich und motivierend beim Durcharbeiten der Textabschnitte des Kapitels bezeichnet. Weiterhin wurde die konsistente Struktur der Plattform und der Aufbau der Booklets positiv hervorgehoben. Der Praxisbezug wurde von Studierenden mit Vorwissen insbesondere durch die Vielzahl an Beispielen und Anwendungsfällen hergestellt und wirkte daher motivierend.

Frage 2: An welchen Stellen haben Sie sich während des Lernens gelangweilt?

Der anschließende Fragenkomplex diente der Identifikation von Zeitpunkten, an denen sich die Studierenden langweilten oder Motivationseinbrüche feststellten. Zahlreiche Probanden nannten diesbezüglich explizit die langen Textpassagen im Theorieabschnitt des Booklets. Dauer und Umfang der Bearbeitung wurde als klare Einflussgröße für das Sinken der Lernmotivation bezeichnet. Dem gegenüber standen jedoch auch Studierende, insbesondere mit nach eigener Aussage hohem Vorwissen, bei denen während der Bearbeitung des Booklets gar kein Gefühl der Langeweile auftrat. Dies spiegelte sich auch in den relativ hohen Durchschnittswerten des Interesses sowie der Erfolgswahrscheinlichkeit des FAM wider (siehe Hypothese 1). Einzelne Studierende, mit nach eigener Aussage geringerem Vorwissen, merkten hingegen an, dass die Fülle an Informationen und Fachbegriffen zu Beginn teilweise zu einem Gefühl der Überforderung führte.

Hinsichtlich spezifischer Zeitpunkte, während derer eine Verschlechterung der Motivation festgestellt werden konnte, wurde neben dem bereits erwähnten umfangreichen Theorieabschnitt auch der Bezug

der interaktiven Elemente zu den Inhalten des Booklets genannt. Darüber hinaus wurden die fehlenden Lösungen der während der Interaktionen auf der Plattform enthaltenen Aufgaben sowie fehlende Eingabefelder kritisch angemerkt. Das Konzept der interaktiven Elemente war dahingehend nicht ideal umgesetzt, da ein klarer Endzeitpunkt der Bearbeitung dieser Bestandteile aufgrund der fehlenden Aufgabenlösungen nicht gegeben war. Wie bereits bei der ersten Frage dieses Fragenkomplexes wurde auch hier mehrfach angemerkt, dass es während des Lernens mit NanoTecLearn zu keiner feststellbaren Veränderung der Lernmotivation kam. Dies deutete sich bereits in Hypothese 10 in Form der ausbleibenden signifikanten Unterschiede im emotionalen Befinden während der Bearbeitung des Booklets an.

Als mögliche Gründe für das Absinken der Lernmotivation wurde teilweise die schwer verständliche und unübersichtliche Navigation bezeichnet. In diesem Zusammenhang wurde zudem die unklare Bearbeitungsreihenfolge der beiden interaktiven Elemente, die im Abschnitt Interaktion verlinkt waren, benannt sowie die teilweise als zu groß und dominant empfundene untere Navigationsleiste für den Bookletwechsel. Vereinzelt kritisch angemerkt wurde zudem, dass die Zoomfunktion des Probenbetrachters keinen Mehrwert lieferte, da die Aufgaben nicht von Seiten der Plattform beantwortet wurden und dass die interaktiven Elemente keine Erklärung der Funktionsweise aufwiesen. Für Studierende mit hohem Vorwissen resultierte fehlende weiterführende Literatur oder Zusatzkurse in einem Absinken der Lernmotivation. Für eine Person mit wenig Vorwissen war hingegen die Vielzahl an domänenpezifischen Abkürzungen und Fachbegriffen ein motivational kritischer Faktor. Somit schien das Vorwissen teilweise Einfluss auf die Motivation zu nehmen, was im Rahmen der Korrelationsanalyse von Hypothese 1 jedoch nicht belegt werden konnte.

Frage 3: Wenn Sie NanoTecLearn verbessern könnten, was würden Sie verändern?

Dieser Frageblock diente als Vorarbeit für die Überführung der Lernplattform in ein adaptives Lernsystem. Zahlreiche Studierende wünschten sich mehr visuelle oder interaktive Elemente. Benannt wurde z.B. eine Integration von Lernvideos in den Theorieteil, um den als demotivierend empfundenen Abschnitt abwechslungsreicher zu gestalten. Dahingehend haben sich verschiedene Videostile etabliert (Simschek und Kia 2017), die z.B. über Plattformen wie YouTube distribuiert werden können. Weiterhin wünschten sich die Studierenden mehr Grafiken, Abbildungen und Simulationen. Die in der Lernplattform implementierten interaktiven Elemente sollten zudem nochmals überarbeitet werden. Die Funktionsweise der Elemente sollte vorab erklärt werden und Lösungen für die bereits integrierten Aufgaben sollten ergänzt werden. Weiterhin wurde wiederholt eine Überarbeitung des Theorieteils angemerkt. Die Booklets sollten in mehr Unterabschnitte gegliedert werden und am Ende der Abschnitte sollten Stichpunktlisten mit Zusammenfassungen der wichtigsten Inhalte aufgeführt werden. Der in der Motivationsstudie 1 papierbasierte Abschlusstest sollte zudem direkt in die Plattform integriert werden. Von einigen Studierenden wurde das Navigationskonzept als

Optimierungspotenzial identifiziert. Die Benutzerführung sollte vereinfacht und verständlicher gestaltet werden. Häufig angemerkt wurde zudem die Implementierung eines systeminternen „Zurück“-Buttons, der die Rückkehr z.B. von den interaktiven Elementen zum Booklet ermöglichen sollte. In der Ausgangsversion der Plattform war dies noch nicht integriert, was zu häufigem Neu-Laden der Webseite während der Tests führte.

Hinsichtlich der Implementierung von Adaptationstechniken nannten die Studierenden wiederholt die Möglichkeit eines eher fragengeführten Lernens, z.B. mithilfe von Kontrollfragen zur Beantwortung am Ende der Abschnitte sowie Abschlusstests am Ende der Booklets. Dieser Ansatz würde eher fähigkeitsbasierten Instruktionsdesign-Ansätzen mit einer Zerlegung in eine Menge an aufeinander abgestimmte Teilaufgaben, wie z.B. im 4C/ID-Modell, entsprechen (Niegemann et al. 2008, S. 32–33; van Merriënboer und Kester 2014), was jedoch aufgrund des geplanten motivationsbasierten Adaptationsansatzes nicht Teil der Umsetzung sein sollte. Dies galt ebenfalls für den Vorschlag der Anpassung auf Basis studiengangsspezifischer Personenfaktoren, wie dem Abschluss (Bachelor oder Master) oder konkreten Lehrveranstaltungen aufgrund der gewählten Studiengänge und entsprechenden Zusatzkursen. Das Vorwissen wurde ebenfalls als Möglichkeit der Anpassung genannt, das vorab abgefragt werden sollte und die Inhalte der Plattform sich dahingehend anpassen sollten. Dies entsprach somit eher dem Ansatz der adaptiven Präsentation aus Abschnitt 2.4.1 oder adaptierbaren Systemen (siehe Abschnitt 2.2.3), deren Instruktion einmalig zu Beginn der Session angepasst werden würde. Diese Ideen wurden auch in der Literatur bereits aufgegriffen. In diesem Zusammenhang wurde z.B. das Vorwissen als Möglichkeit identifiziert, um auf Basis eines Ausgangswerts Lernfortschritte in Form von Wissens- oder Kompetenzzuwachs abzubilden (Zumbach 2010; Lee und Park 2008). Weiterhin wurde die Nutzerführung als möglichen Schwerpunkt der Adaptation identifiziert. Die Motivation sollte demnach möglichst kontinuierlich erfasst werden. Darauf aufbauend könnte eine eher strikte Sequenzierung erfolgen, z.B. in Form von Direct Guidance (siehe Abschnitt 2.4.2). Weiterhin wurde die Möglichkeit genannt, bei kontinuierlicher Motivationserfassung, Videos oder interaktive Elemente direkt bei Motivationseinbrüchen einzublenden oder die Lernenden in einer Art „Kurzversion“ direkt durch die wichtigsten Passagen des Textabschnitts zu führen. Einige Studierende sprachen das Konzept der Gamification an (Deterding et al. 2011). Sie führten als Beispiel das Einfügen von Belohnungsmechanismen für den Abschluss von Booklets oder Unterabschnitten an.

Zum Abschluss des Interviews konnten die Studierenden allgemeine Anmerkungen mitteilen, was zumeist nicht in Anspruch genommen wurde. Vereinzelt wurde nochmals betont, dass die Lernplattform eine wertvolle Alternative gegenüber dem gewohnten Lernen mit Skripten oder Fachbüchern darstellen könnte. Studierende sollten zudem umfassender über das Vorhandensein solcher Angebote informiert werden und es sollten zusätzliche Anreizfaktoren für die Nutzung

geschaffen werden, z.B. der Erwerb von Bonuspunkten beim Bearbeiten spezifischer Inhalte. Eine Person merkte an, dass der IMMS Probleme beim Ausfüllen bereitete, aufgrund der Item-Formulierung und dass die permanente Selbsteinschätzung teilweise als Herausforderung empfunden wurde. Dieser Hinweis spiegelte die teilweise problematische interne Konsistenz des IMMS wider (siehe Hypothese 4) sowie die in Hypothese 10 gezeigte relative Gleichförmigkeit der PANAVA-KS-Bewertungen während der vier Messzeitpunkte.

Kritische Würdigung der Ergebnisse und Methode

Eine erste identifizierte Limitation stellte das Untersuchungsdesign an sich dar. Wie in Abschnitt 5.1.1 erwähnt, konnte aufgrund der Gegebenheiten der Lehrsituation im Fachgebiet Mikromechanische Systeme eine Einbindung der Studie in eine passende Lehrveranstaltung und somit in einen prüfungsrelevanten Kontext nicht realisiert werden. Die Gewissenhaftigkeit, mit der die Inhalte bearbeitet wurden, war somit bei Probanden ohne fachlich passenden Hintergrund zumindest anzuzweifeln. Ein Indiz dafür könnten z.B. die relativ geringen Mittelwerte der Misserfolgsbefürchtung der Stichprobe darstellen, die bei einer realen Klausurvorbereitung wahrscheinlich höher ausfallen würden. Eine weitere Einflussgröße könnte zudem der Erhalt eines Probandenhonorars als möglicher extrinsischer Motivationsfaktor darstellen.

Das Studiensemester ermöglichte nicht gänzlich das angestrebte selbstregulierte Lernen. Das Durcharbeiten des im Fokus stehenden Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ war zwar nach eigenem Ermessen möglich, jedoch wurde durch die wiederholte Messung des PANAVA-KS nach definierten inhaltlichen Schwerpunkten das Durcharbeiten anderer Booklets eher ausgeklammert. Im Sinne vergleichbarer Analysevoraussetzungen war dies jedoch ein notwendiger Kompromiss. Während des Lernens konnte die Verwendung von zwei Bildschirmen größtenteils Störungen im vorgegebenen Studienablauf verhindern. Das Abschlussinterview stellte vorrangig eine organisatorische Herausforderung dar, da es insbesondere bei Testsessions mit fünf bis sechs Studierenden oftmals zu Verzögerungen im Ablauf kam. Die Protokollierung der Aussagen war daher nicht gänzlich vollständig und die Auswertung im Anhang A1.4 war somit bestenfalls als Ausschnitt der Befundlage zu verstehen. In späteren Laborstudien wurde daher der Ansatz einer direkten Implementierung offener Eingabefelder am Ende des Online-Fragebogens gewählt.

Die Fragebögen stellten, wie bereits durch eine Aussage im Rahmen der Abschlussinterviews belegt, für einige Probanden ebenfalls eine Herausforderung hinsichtlich der Beantwortung dar. Die größtenteils eher allgemein formulierten Items wurden in vielen Fällen leicht an das konkrete Studiensemester angepasst. Der in der Ursprungsversion sehr umfangreiche und zeitintensive IMMS wurde entsprechend gekürzt, was mit teilweise inakzeptabler interner Konsistenz der Faktoren einherging. Die Fragebögen wurden für den Einsatz in der Motivationsstudie 2 (siehe Abschnitt 7.2) daher nochmals kritisch überprüft. Hinsichtlich der Vorwissens- und Abschlusstests wurde auf die

Zuarbeit des inhaltlich verantwortlichen Fachgebiets vertraut. Dies galt ebenfalls für die Inhalte der Lernplattform, wobei insbesondere von Masterstudierenden mit hohem domänenspezifischem Vorwissen teilweise Verbesserungspotenziale angemerkt wurden. Die Inhalte des Booklets sowie der Tests wurden daher für die nachfolgenden Laborstudien fachlich nochmals geprüft.

Hinsichtlich der Aussagekraft der Ergebnisse stellte die Stichprobengröße eine Limitation dar. Sie war für den Nachweis kleiner Effektgrößen (Döring und Bortz 2016, S. 820) mit 71 Probanden nicht ausreichend. Für eine Laborstudie mit begrenzter räumlicher Kapazität und zeitlicher Dauer war das erzielte Sample jedoch als die Erwartungen übersteigend aufzufassen, auch unter Berücksichtigung der zumeist sehr geringen Matrikelgrößen der themenrelevanten Studiengänge der Technischen Universität Ilmenau. Das in der Stichprobe sehr differenziert vorhandene Vorwissen stellte, insbesondere hinsichtlich der teilweise deutlich divergierenden Meinungen im Abschlussinterview, ebenfalls eine mögliche Einflussgröße auf das nachträgliche Bearbeiten der Fragebögen dar. Da in den dazugehörigen Hypothesen jedoch keine signifikanten Einflüsse dieses Parameters in Verbindung mit motivationalen Größen festgestellt wurden und zudem auch keine signifikante Korrelation mit den Ergebnissen des Abschlusstests bestand, wurde dieser Faktor für die statistische Auswertung als weniger relevant eingestuft. Für die nachfolgenden Laborstudien wurde das Ziel gesetzt, die Erfassung des Motivationsverlaufs systemseitig stärker zu automatisieren und umfassender vorzunehmen, da in der Motivationsstudie 1 eine Diskrepanz in den Befunden zwischen den in Hypothese 10 nicht nachweisbaren signifikanten Unterschieden im emotionalen Befinden und den zahlreichen Gründen für Motivationseinbrüche und -steigerungen in den Abschlussinterviews zu erkennen war.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Abschließend werden die zentralen Erkenntnisse der Motivationsstudie 1 in Form der Beantwortung der zugehörigen Forschungsfragen aus Tabelle 2 in Abschnitt 4.2 zusammengefasst:

F1: Welcher Zusammenhang besteht zwischen Personenfaktoren und aktueller Motivation?

- Domänenspezifisches Vorwissen war für das Zustandekommen einer situativ wirksamen aktuellen Motivation keine signifikante Bedingungsgröße.
- Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung spielte eine besondere Rolle hinsichtlich der Vorhersage leistungsthematischer Aspekte der aktuellen Motivation, z.B. Erfolgswahrscheinlichkeit oder Misserfolgsbefürchtung.
- Vorwissen und allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung beeinflussten sich signifikant, jedoch insgesamt in lediglich geringer Ausprägung.
- Übergeordnete Personenfaktoren des operationalisierten Prozessmodells beeinflussten die aktuelle Motivation der Stichprobe teilweise signifikant, jedoch geringer als angenommen.

F2: Welcher Zusammenhang besteht zwischen Situationsfaktoren und aktueller Motivation?

- Instruktionsdesign beeinflusste insbesondere die für selbstreguliertes Lernen bedeutsamen Aspekte der aktuellen Motivation, z.B. Interesse und Herausforderung.
- Gestaltung der E-Learning Plattform und Wechsel der Wissenszugänge, insbesondere Integration interaktiver Elemente waren nach subjektiver Einschätzung wichtige Bedingungsgrößen für das Zustandekommen und Aufrechthalten der Motivation.
- Gewählte Situationsfaktoren des operationalisierten Prozessmodells beeinflussten insbesondere die für das selbstgesteuerte Verständnislernen relevanten Aspekte aktueller Motivation.

F3: Welcher Zusammenhang besteht zwischen Personen- und Situationsfaktoren?

- Vorwissen eignete sich kaum zur Vorhersage der Bewertung des Instruktionsdesigns, außer für den Faktor Confidence.
- Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung eignete sich nicht zur signifikanten Vorhersage der Bewertung des Instruktionsdesigns.
- Gewählte Personen- und Situationsfaktoren des operationalisierten Prozessmodells zeigten eine kaum ausgeprägte Wechselbeziehung und beeinflussten sich kaum.

F4: Welcher Zusammenhang besteht zwischen aktueller Motivation vor der E-Learning Session und Änderung des emotionalen Befindens während der E-Learning Session?

- Aktuell wirksame Motivation war signifikante Einflussgröße des Ausgangswerts des emotionalen Befindens, insbesondere hinsichtlich der für das selbstregulierte Lernen bedeutsamen Faktoren Interesse und Herausforderung sowie positive Aktivierung.
- Aktuell wirksame Motivation war für alle drei Messzeitpunkte des emotionalen Befindens während des Lernens mit NanoTecLearn eine signifikante Einflussgröße, insbesondere Interesse und positive Aktivierung.
- Länge des Theorieabschnitts und Wechsel zu interaktiven Elementen waren nach subjektiver Einschätzung weitere wichtige Einflussgrößen der Lernmotivation und trugen zu einer Änderung des Befindens bei.
- Gewählte Operationalisierung der aktuellen Motivation und Wahl der Vermittlungsgröße des emotionalen Befindens schien die angenommene Wirkbeziehung zu bestätigen.

F5: Welcher Zusammenhang besteht zwischen aktueller Motivation und Lernresultaten?

- Signifikanter Gesamteffekt des Mediationsmodells konnte für keine Kombination der Faktoren gezeigt werden.

- Situatives Interesse der aktuellen Motivation und positive Aktivierung des emotionalen Befindens zeigten modellkonforme Wirkbeziehung im Sinne der Mediation.
- Signifikanter direkter Effekt der aktuellen Motivation auf die Resultate des Abschlusstests konnte für keine Kombination der Faktoren gezeigt werden.
- Gewähltes Mediationsmodell im Rahmen des operationalisierten Prozessmodells zeigte, dass die aktuelle Motivation nicht direkt auf die Lernresultate wirkte, sondern teilweise vermittelt über das emotionale Befinden.

F6: Wie verändert sich das emotionale Befinden während der E-Learning Session?

- Signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten des emotionalen Befindens konnten während des Lernens mit NanoTecLearn nicht festgestellt werden.
- Die verschiedenen Wissenszugänge innerhalb eines Booklets resultierten nur nach subjektiver Einschätzung in einer merklichen Veränderung der Lernmotivation, jedoch nicht entsprechend der statistischen Datenanalyse.

5.2 Onlinestudie zur Analyse motivationaler Personenfaktoren und genereller E-Learning Akzeptanz

Zusätzlich zur Untersuchung der Lernmotivation von Studierenden beim Lernen mit NanoTecLearn im Wintersemester 2017/18 sollte die für die Untersuchung in Frage kommende Population der Technischen Universität Ilmenau hinsichtlich der in Abschnitt 3.2.1 genannten Personenfaktoren untersucht werden. Die Studie hatte zudem forschungsökonomische Ursachen, da den Studierenden der Motivationsstudie 1 mit NanoTecLearn neben dem Fokus auf die eigentliche Plattformarbeit nicht zu viele zusätzliche Fragebögen zugemutet werden sollten. Die Datenerhebung erfolgte im Sommersemester 2018 in Form einer studentischen Abschlussarbeit (Gatzemeier 2019). Kernanliegen der Datenanalyse waren die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen motivationalen Anreizfaktoren entsprechend der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan, dem individuellen Interesse der Studierenden hinsichtlich ihres gewählten Studiengangs sowie der Akzeptanz von E-Learning Angeboten allgemein.

Ausgangspunkt der Untersuchung war eine Analyse bestehender Studien zu E-Learning Angeboten und deren Einfluss auf die Lernmotivation. Positive Motivationseffekte können z.B. aufgrund der abwechslungsreicheren Gestaltung der Wissensvermittlung und des vereinfachten Wechsels der Lernmethode auftreten (Kreidl 2011, S. 19; Da Rin 2005, S. 70). Die Ausprägung intrinsischer Motivation oder tätigkeitszentrierter Anreize, die durch eine motivationale Gestaltung des multimedialen Lernens begünstigt werden sollen, soll zudem durch das Ansprechen der

Grundbedürfnisse Autonomie und Kompetenz ermöglicht werden. Das Konzept der sozialen Eingebundenheit wird in der aktuellen Studie vernachlässigt, da NanoTecLearn keine kollaborativen Lernansätze oder entsprechende Kommunikationskanäle bereitstellt. Lernende sollen dementsprechend das Gefühl haben, die volle Handlungskontrolle über ihre Lernaktivitäten zu haben, wobei E-Learning als nochmalige Unterstützung dieses Empfindens dienen soll (Chen und Jang 2010, S. 750). Die Lerndauer sowie Lernziele können dabei selbst bestimmt werden und regelmäßige Rückmeldungen durch eine Lernplattform können die wahrgenommene eigene Kompetenz positiv beeinflussen (Küfner 2010, S. 107). Die bewusste Entscheidung für die Wahl von multimedialen Zusatzangeboten als Ergänzung zu Präsenzlehrveranstaltungen kann als Vorhandensein einer intrinsisch orientierten Lernmotivation sowie eines entsprechenden Fach- oder Studieninteresses aufgefasst werden. Andererseits können konkurrierende Eindrücke und Anreize beim selbstregulierten Lernen die Konzentration auf den wesentlichen Lerninhalt teilweise auch erschweren (Rovai et al. 2007, S. 427; Küfner 2010, S. 68). Die Akzeptanz des Lernenden hinsichtlich E-Learning Angeboten sollte durch eine entsprechende motivationale Gestaltung des Lernmaterials gefördert werden, wobei der Lernende nicht das Gefühl haben sollte, von der Technologie kontrolliert oder bevormundet zu werden (Keller und Suzuki 2004, S. 237). Auf Basis der gesammelten Erkenntnisse können die Zusammenhänge zwischen Anreizfaktoren, Studieninteresse und E-Learning Akzeptanz entsprechend der Forschungsfrage und Hypothesen aus Abschnitt 4.2, Tabelle 4 untersucht werden.

5.2.1 Operationalisierung und verwendete Untersuchungsinstrumente

Zur Beantwortung der Forschungsfrage und Hypothesen der Onlinestudie wurde ein Fragebogen mit fünf Bestandteilen entwickelt (Gatzemeier 2019, S. 53–54), der vollständig im Anhang A2.1 zu finden ist.

Fragebogenbestandteil 1: Studieninteresse

Das im Abschnitt 3.2.1 eingeführte Konzept des individuellen Interesses wurde in der Befragung als Studieninteresse operationalisiert. Diese Eingrenzung wurde festgelegt, da es sich bei der Zielgruppe um Studierende handelte, die für gewöhnlich relativ selbstbestimmt einen Studiengang wählen. In der Literatur wird Studieninteresse zudem als bedeutsam für effektives Lernen und positive affektive Zustände während des Lernens angesehen. Weiterhin spielt das Konzept eine wichtige Rolle bei der Zielsetzung im Studium, sowie unter kognitiven Gesichtspunkten beim tiefgehenden Verstehen von Lerninhalten (Schiefele et al. 1988, S. 230). Die Datenerhebung erfolgte mithilfe des Fragebogens zum Studieninteresse (FSI) nach Krapp et al., ein Messinstrument mit 18 Items, die mithilfe einer vierstufigen Likert-Skala von trifft gar nicht zu bis trifft völlig zu beantwortet werden. Die Items werden

den Faktoren gefühlsbezogene Valenzen, persönliche wertbezogene Valenzen und intrinsischer Charakter zugeordnet (Krapp et al. 1993, S. 350–351).

Fragebogenbestandteil 2: Motivationale Anreizfaktoren

Neben der Erhebung des Studieninteresses sollten die Gründe und Anreize erfasst werden, warum sich Lernende im Studium mit bestimmten Inhalten auseinandersetzen. Entsprechend der in Abschnitt 3.2.1 vorgestellten Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan kann dies vorrangig extrinsisch (in unterschiedlicher Ausprägung) oder intrinsisch motiviert sein. Zur Operationalisierung der motivationalen Orientierung wurde ein von Müller et al. für den deutschsprachigen Raum angepasster Fragebogen des Academic Self-Regulation Questionnaire (SRQ-A) von Ryan und Connell verwendet. Dieser erfasst mit 17 Items und einer fünfstufigen Likert-Skala die vier Faktoren intrinsische, identifizierte, introjizierte und exterale Regulation (Müller et al. 2007). Die Befragung entsprach somit weitgehend dem Kontinuum der Selbstbestimmung nach Deci und Ryan (Ryan und Deci 2002, S. 16), wobei die Amotivation ausgeschlossen wurde, da es sich dabei nicht um motiviertes, zielgerichtetes Verhalten im engeren Sinne handelte. Auf die Aufnahme der integrierten Regulation als Form der extrinsischen Motivation, die der intrinsischen Motivation am ähnlichsten ist, verzichtet der Fragebogen analog zum originalen SRQ-A von Ryan und Connell, da der Regulationsstil in Untersuchungen von Befragten kaum von intrinsischer Motivation unterschieden werden konnte (Müller et al. 2007, S. 5; Ryan und Connell 1989). Aus den vier Faktoren kann zudem ein Selbstbestimmungsindex (SDI) errechnet werden, der das Maß der Selbstbestimmung oder Kontrolle angibt. Dabei wird von der Summe der selbstbestimmten Regulationsformen die Summe der externalen Stile abgezogen, wobei die intrinsische und exterale Regulation jeweils doppelt gewichtet werden (Müller et al. 2007, S. 7; Vallerand et al. 1997, S. 1167).

Fragebogenbestandteil 3: Wahrnehmung und Nutzung von E-Learning Anwendungen

Dieser Bestandteil des Fragebogens befasste sich mit der Akzeptanz und der generellen Einstellung gegenüber E-Learning. Da dies sehr zielgruppen- und situationsspezifisch war, wurde in diesem Teil der Online-Befragung auf eigens erstellte Items zurückgegriffen. Es wurde zunächst abgefragt, welche Anwendungen von Studierenden als E-Learning aufgefasst werden, um das Alltagsverständnis dieses Konzepts zu erfassen. Weiterhin wurden mit entsprechenden Items und einer fünfstufigen Likert-Skala typische Anwendungsfälle für die Nutzung von E-Learning Anwendungen abgefragt, in Form von Intention, Zeit und Häufigkeit der Nutzung (Gatzemeier 2019, S. 54).

Fragebogenbestandteil 4: Akzeptanz von E-Learning

Dieser Fragebogenteil basierte auf dem in Abschnitt 3.2.1 eingeführten Technologieakzeptanzmodell (Davis 1985, S. 24), wobei sieben Items mithilfe einer fünfstufigen Likert-Skala abgefragt wurden, die

in gekürzter Form einem Fragebogen von Kreidl entnommen waren und die Dimensionen des Modells abfragten (Kreidl 2011, S. 107). Der Fokus lag dabei auf dem empfundenen Nutzen eines E-Learning Angebots und der Zufriedenheit. Ergänzt wurde dies durch eigens angepasste Items zu Anreizfaktoren, die von Seiten der Hochschulen hinsichtlich E-Learning bestehen sowie zur Verbreitung der Nutzung dieser Technologien.

Fragebogenbestandteil 5: Demografische Daten

Zum Abschluss der Befragung werden die demografischen Angaben der Studierenden erfasst in Form des Geschlechts, des Alters, des Fachsemesters, des Studiengangs und des angestrebten Abschlusses.

5.2.2 Ablauf der Untersuchung

Der Fragebogen stand für Studierende im Sommersemester 2018 vom 22.06.2018 bis zum 15.08.2018 zur Verfügung (siehe Anhang A2.1). Die Erstellung des Fragebogens erfolgte mithilfe der Unipark-Software. Die Befragung wurde als Querschnittsstudie der Studierendenpopulation der Technischen Universität Ilmenau ohne Messwiederholung konzipiert (Döring und Bortz 2016, S. 210). Insgesamt waren nach Abschluss der Untersuchung 189 vollständige Datensätze vorhanden.

5.2.3 Ergebnisse der Onlinestudie

Die Beschreibung der Ergebnisse erfolgt analog zum Aufbau der Motivationsstudie 1.

Beschreibung der Stichprobe

Das Alter der Probanden reichte von 19 bis 40 Jahren ($M=23.59$, $SD=3.25$), wobei die Altersangaben von 22-25 Jahren mit ca. 57% am häufigsten genannt wurden. Je 94 Geschlechtsangaben (49,7%) entfielen auf männlich und weiblich; ein Datensatz beinhaltete die Angabe „Anderes“. 58,7% der Befragten gaben an, einen Bachelorstudiengang zu absolvieren, gefolgt von 35,4% Masterstudierenden. Die restlichen Angaben entfielen auf andere Studienformen, wie Diplom oder Promotion. An der Untersuchung konnten alle Studiengänge der Technischen Universität Ilmenau teilnehmen, wobei die Studiengänge Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft ($n=32$) und Medienwirtschaft ($n=18$) am häufigsten genannt wurden. Die natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge waren insgesamt durch 66 Studierende in der Stichprobe vertreten (34,9%). Die durchschnittliche Angabe des Fachsemesters legte nahe, dass sich die Mehrheit der Stichprobe in einem fortgeschrittenen Stadium des Bachelorstudiums befand ($M=5.46$, $SD=4.99$). 133 Studierende waren im zweiten, vierten oder sechsten Semester immatrikuliert.

Datenauswertung und Beantwortung der Hypothesen

Die Beantwortung der Forschungsfrage der Onlinestudie (siehe Abschnitt 4.2, Tabelle 4) erfolgte anhand der Prüfung der fünf zugeordneten Hypothesen. Als Skalenniveau wurde analog zur Motivationsstudie 1 die Intervallskala angenommen (Döring und Bortz 2016, S. 269).

H1: Je höher das Studieninteresse, desto höher ist die Akzeptanz von E-Learning.

Diese Zusammenhangshypothese griff auf die Ergebnisse des FSI sowie des Akzeptanzfragebogens von Kreidl zurück, wobei angenommen wurde, dass die unabhängige Variable Studieninteresse einen positiven Einfluss auf die E-Learning Akzeptanz als abhängige Variable hatte. Als Vorarbeit der Datenauswertung wurden entsprechend der Vorgaben der zugehörigen Publikation zunächst die gekennzeichneten Items des FSI umgepolzt (Krapp et al. 1993, S. 350–351). Die Items des Fragebogens nach Kreidl wurden zu einer Variable E-Learning Akzeptanz zusammengefasst, ebenso die Items der drei Faktoren des FSI. Darüber hinaus wurde eine Variable zur Repräsentation des Gesamtwerts des Studieninteresses aus allen Items des FSI erstellt.

Die Ergebnisse der Analyse der Häufigkeiten unter Angabe der Mittelwerte und Standardabweichungen (Janssen und Laatz 2017, S. 204–206) sowie die Ergebnisse der internen Konsistenz unter Angabe des Cronbachs Alpha-Wertes (Cronbach 1951) werden in Tabelle 38 dargestellt. Die Häufigkeitsangaben der einzelnen Items sind dem Anhang A2.2 zu entnehmen.

Tabelle 38: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen des FSI und des Akzeptanz-Fragebogens

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Gefühlsbezogene Valenzen (7) ^a	1.59	0.54	0.79
Persönliche wertbezogene Valenzen (7) ^b	1.76	0.42	0.70
Intrinsischer Charakter (4) ^c	1.96	0.55	0.57
Studieninteresse Gesamtwert (18) ^d	1.74	0.47	0.87
Akzeptanz Fragebogen (7) ^e	3.08	0.76	0.75

Anmerkungen. N=189. ^a Min=0.00, Max=2.86; ^b Min=0.57, Max=2.71; ^c Min=0.25, Max=3.00; ^d Min=0.17, Max=2.83; ^e Min=1.00, Max=4.43

Die Faktoren gefühlsbezogene und persönliche wertbezogene Valenzen des FSI mit je sieben Items waren entsprechend der Skalenmaxima von 0 bis 3 jeweils nur moderat ausgeprägt ($M=1.59$, $SD=0.54$ sowie $M=1.76$, $SD=0.42$). Der Faktor intrinsischer Charakter bestehend aus vier Items wies einen höheren Mittelwert auf ($M=1.96$, $SD=0.55$). Besonders den Items zur Sicherheit der Studienwahl entsprechend der eigenen Interessen sowie bezüglich der Wahl interessanter Studieninhalte wurde weitgehend zugestimmt. Der Gesamtwert für das Studieninteresse war entsprechend der drei Faktoren moderat positiv ausgeprägt ($M=1.74$, $SD=0.47$).

Die zusammengefassten sieben Items des Akzeptanzfragebogens wiesen entsprechend der Skalenmaxima von 1 bis 5 ebenfalls eine moderat positive Ausprägung auf ($M=3.08$, $SD=0.76$). Zustimmung erfuhren besonders die Aussagen, dass E-Learning insgesamt als nützlich empfunden

wurde und dass sich die Studierenden mehr E-Learning Angebote an ihrer Hochschule wünschten. Weniger positiv wurde E-Learning als Kommunikationsmittel für den Austausch mit anderen Studierenden eingeschätzt.

Die interne Konsistenz der Gesamtangabe des Studieninteresses war mit Cronbachs $\alpha=0.87$ hoch (Streiner 2003). Für die Faktoren gefühlsbezogene Valenzen (Cronbachs $\alpha=0.79$) und persönliche wertbezogene Valenzen (Cronbachs $\alpha=0.70$) ergaben sich gute bis akzeptable Werte, lediglich der Faktor intrinsischer Charakter (Cronbachs $\alpha=0.57$) wies einen schlechten Wert auf. Für die FSI-Gesamt reliabilität zeigte sich somit ein vergleichbar guter Wert zur ursprünglichen Veröffentlichung (Cronbachs $\alpha=0.90$) (Krapp et al. 1993, S. 347). Die sieben Items zur Ermittlung der E-Learning Akzeptanz wiesen ebenfalls eine akzeptable interne Konsistenz auf (Cronbachs $\alpha=0.75$). Die Modifikation der Items hinsichtlich des Untersuchungskontexts hatte die Reliabilität des Instruments somit nicht beeinträchtigt. Es konnte daher davon ausgegangen werden, dass beide Fragebögen mit guter Zuverlässigkeit die zu untersuchenden Konstrukte Studieninteresse und E-Learning Akzeptanz abbildeten.

Tabelle 39: Zusammenhang zwischen Studieninteresse und E-Learning Akzeptanz

	E-Learning Akzeptanz
Studieninteresse Gesamtwert	0.015 (0.418)
Gefühlsbezogene Valenzen	0.016 (0.415)
Persönliche wertbezogene Valenzen	0.015 (0.416)
Intrinsischer Charakter	0.007 (0.462)

Anmerkungen. N=189

Der gerichtete Zusammenhang der Hypothese wurde mithilfe einer bivariaten Korrelation nach Pearson (Janssen und Laatz 2017, S. 387–390) untersucht, mit der Variable Studieninteresse als Prädiktor und E-Learning Akzeptanz als Kriterium. Tabelle 39 zeigt das Ergebnis. Es zeigte sich ein sehr schwacher positiver, nicht signifikanter Zusammenhang ($r=0.015$, $p=0.418$) zwischen beiden Variablen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Studieninteresse und E-Learning Akzeptanz konnte demnach nicht nachgewiesen werden. Die Durchführung einer einfachen linearen Regressionsanalyse (Bortz und Schuster 2010, S. 183) zeigte zudem keinen signifikanten Einfluss (auf deren Darstellung wird daher verzichtet). Die Hypothese wurde somit abgelehnt.

H2: Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen extrinsischer Motivation und Studieninteresse.

Die Zusammenhangsanalyse untersuchte die drei Faktoren der extrinsischen Lernmotivation des SRQ-A (Müller et al. 2007) sowie die drei Faktoren des FSI. Die Häufigkeiten und internen Konsistenzen des FSI wurden bereits genannt. Nachfolgend wird als Vorbereitung der Korrelationsanalyse die Häufigkeitsanalyse der Faktoren des SRQ-A in Tabelle 40 dargestellt.

Tabelle 40: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren der extrinsischen Motivation des SRQ-A

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Externale Regulation (4) ^a	3.41	0.74	0.51
Introjizierte Regulation (4) ^b	3.05	0.96	0.74
Identifizierte Regulation (4) ^c	1.97	0.77	0.76

Anmerkungen. N=189. ^a Min=1.00, Max=4.80; ^b Min=1.00, Max=5.00; ^c Min=1.00, Max=5.00

Die externe Regulation wies von den vier Faktoren des Fragebogens entsprechend der fünfstufigen Antwortskala den höchsten Mittelwert auf ($M=3.41$, $SD=0.74$). Besonders den Aussagen zur elterlichen Erwartungshaltung sowie negativen Konsequenzen von Seiten der Lehrenden bei ausbleibenden positiven Leistungen wurde mehrheitlich zugestimmt. Die introjizierte Regulation wies ebenfalls eine relativ hohe Ausprägung auf. Ins Gewicht fielen bei diesem Faktor besonders Aussagen, die auf ein möglichst positives Leistungs-Selbstbild der Studierenden gegenüber der Erwartungshaltung der Lehrenden sowie von anderen Lernenden anspielten. Die identifizierte Regulation war von den Faktoren des Fragebogens am schwächsten ausgeprägt. Überraschend waren besonders die relativ geringe Zustimmung gegenüber Aussagen zur Wichtigkeit des Studiums für die spätere Berufswahl und Berufsausübung. Für die identifizierte Regulation ($Cronbachs \alpha=0.76$) und die introjizierte Regulation ($Cronbachs \alpha=0.74$) ergaben sich gute Werte der internen Konsistenz. Der Faktor externe Regulation ($Cronbachs \alpha=0.51$) wies eine schlechtere Ausprägung auf. Die Items dieses Faktors scheinen das Konstrukt der extrinsischen Motivation im Studienkontext demnach nicht optimal zu repräsentieren. In der Publikation zum Fragebogen-Instrument erzielte die externe Regulation ebenfalls den niedrigsten Wert ($Cronbachs \alpha=0.78$), jedoch deutlich höher als in der Onlinestudie (dies galt ebenfalls für die Cronbachs α -Werte der anderen drei Faktoren des SRQ-A) (Müller et al. 2007, S. 6). Der Fragebogen wurde ursprünglich für den schulischen Kontext entworfen und es zeigte sich somit, dass die Reliabilität bei der Anwendung im universitären Kontext nicht gänzlich erhalten werden konnte.

Tabelle 41: Zusammenhänge zwischen Studieninteresse und extrinsischer Motivation

	Studieninteresse Gesamtwert	Gefühlsbezogene Valenzen	Persönliche Wertbezogene Valenzen	Intrinsischer Charakter
Externale Reg.	0.011 (0.439)	0.042 (0.281)	-0.080 (0.137)	0.097 (0.092)
Introjizierte Reg.	-0.151* (0.019)	-0.103 (0.078)	-0.213* (0.002)	-0.049 (0.251)
Identifizierte Reg.	-0.313* (<0.001)	-0.184* (0.006)	-0.316* (<0.001)	-0.303* (<0.001)

Anmerkungen. N=189. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Der angenommene negativ gerichtete Zusammenhang der beiden Variablen wurde mithilfe einer Korrelationsanalyse nach Pearson untersucht. Das Ergebnis wird in Tabelle 41 dargestellt. Für das Studieninteresse und die externe Regulation zeigte sich ein sehr geringer, nicht signifikanter Zusammenhang ($r=0.011$, $p=0.439$). Der nicht nachweisbare Zusammenhang könnte auf die Diskrepanz zwischen dem kontrollierten Regulationsstil der externalen Regulation und dem Konzept des

Studieninteresses, das z.B. den intrinsischen Charakter und die eigenen Wertbezüge stark betont, zurückzuführen sein. Für das Studieninteresse und die introjizierte Regulation zeigte sich ein nach Cohen (Cohen 1988) signifikanter moderater negativer Zusammenhang ($r=-0.151$, $p=0.019$). Das Lernen aus selbstwertbezogenen Tendenzen, z.B. um das eigene Gewissen zu beruhigen oder den Erwartungen anderer Bezugspersonen zu entsprechen, wäre somit bei einem hohen Studieninteresse eher gering ausgeprägt. Die Analyse der drei FSI-Faktoren zeigte zudem, dass nur der Zusammenhang der externalen Regulation mit den persönlichen wertbezogenen Valenzen signifikant war ($r=-0.213$, $p=0.002$). Da es sich bei introjizierter Regulation ebenfalls um einen noch sehr kontrollierten Regulationsstil handelte, war auch hier noch von einer zu hohen konzeptuellen Diskrepanz beider Konstrukte auszugehen. Für das Studieninteresse und die identifizierte Regulation zeigte sich ein signifikanter moderater negativer Zusammenhang ($r=-0.313$, $p<0.001$). Das Lernen aus zweckorientierten Tendenzen, z.B. um später gute berufliche Perspektiven zu haben, wäre somit bei einem hohen Studieninteresse gering ausgeprägt. Die möglichen Einflüsse des Studieninteresses auf die extrinsische Motivation wurden mithilfe multipler linearer Regressionsanalysen (Bortz und Schuster 2010, S. 342) weiterführend untersucht. Tabelle 42 zeigt für die externalen Regulation, dass das Studieninteresse einen signifikanten Einfluss ausübte, $F(3,185)=2.705$, $p=0.047$. Das Modell zeigte mit einem korrigierten $R^2=0.026$ eine geringe Varianzaufklärung (Cohen 1988). Signifikante Einflüsse konnten für die Faktoren persönliche wertbezogene Valenzen ($p=0.013$) und intrinsischer Charakter ($p=0.038$) nachgewiesen werden. Die Selbsteinschätzung der externalen Regulation würde bei einer höheren Bewertung der persönlichen wertbezogenen Valenzen um 0.436 sinken und beim Faktor intrinsischer Charakter um 0.259 steigen.

Tabelle 42: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der externalen Regulation durch das Studieninteresse

Prädiktoren	B	SE	β
Gefühlsbezogene Valenzen	0.129 (0.324)	0.130	0.093
Wertbezogene Valenzen	-0.436* (0.013)	0.174	-0.245
Intrinsischer Charakter	0.259* (0.038)	0.124	0.190
R^2	0.042		
korr. R^2	0.026		
$F(3,185)$	2.705 (0.047)		

Anmerkungen. N=189. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 43 veranschaulicht, dass das Studieninteresse auf den Faktor introjizierte Regulation einen signifikanten Einfluss ausübte, $F(3,185)=3.501$, $p=0.017$. Das Modell zeigte mit einem korrigierten $R^2=0.038$ ebenfalls eine lediglich geringe Varianzaufklärung. Ein signifikanter Einfluss konnte nur für den Faktor persönliche wertbezogene Valenzen nachgewiesen werden ($p=0.004$). Bei einer höheren Selbsteinschätzung dieses Faktors würde die Bewertung der introjizierten Regulation um 0.645 sinken. Bei der Korrelationsanalyse war dies ebenfalls der einzige signifikante Faktor. Die Wirkbeziehung

zwischen den persönlichen wertbezogenen Valenzen und der introjizierten Regulation konnte über die Regressionsanalyse somit bekräftigt werden.

Tabelle 43: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der introjizierten Regulation durch das Studieninteresse

Prädiktoren	B	SE	β
Gefühlsbezogene Valenzen	0.022 (0.894)	0.166	0.012
Wertbezogene Valenzen	-0.645* (0.004)	0.223	-0.282
Intrinsischer Charakter	0.187 (0.240)	0.159	0.107
R ²	0.054		
korr. R ²	0.038		
F(3,185)	3.501 (0.017)		

Anmerkungen. N=189. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Für die identifizierte Regulation konnte in Tabelle 44 entsprechend der vorherigen Korrelationsanalyse erwartungsgemäß der stärkste Einfluss festgestellt werden, F(3,185)=8.758, p<0.001. Das Modell zeigte mit einem korrigierten R²=0.110 eine im Vergleich zu den anderen beiden Faktoren der extrinsischen Motivation geringfügig höhere Varianzaufklärung. Signifikante Einflüsse konnten für die Faktoren persönliche wertbezogene Valenzen (p=0.010) und intrinsischer Charakter (p=0.025) nachgewiesen werden. Die Selbsteinschätzung der identifizierten Regulation würde bei höheren Bewertungen der persönlichen wertbezogenen Valenzen und des intrinsischen Charakters um 0.445 sowie 0.278 sinken.

Tabelle 44: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der identifizierten Regulation durch das Studieninteresse

Prädiktoren	B	SE	β
Gefühlsbezogene Valenzen	0.093 (0.470)	0.128	0.065
Wertbezogene Valenzen	-0.445* (0.010)	0.172	-0.242
Intrinsischer Charakter	-0.278* (0.025)	0.123	-0.197
R ²	0.124		
korr. R ²	0.110		
F(3,185)	8.758 (<0.001)		

Anmerkungen. N=189. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass sich das Studieninteresse kaum zur Erklärung der Angaben der drei extrinsischen Regulationsstile eignete. Der ursprünglich angenommene negative Zusammenhang konnte zumindest für zwei Faktoren bestätigt werden. In der Veröffentlichung zum FSI wurde das Instrument mit einem anderen Fragebogen zur Untersuchung der intrinsischen und extrinsischen Motivation verglichen und auch in diesem Kontext zeigte sich eine insgesamt negative und sehr schwache Korrelation ($r=-0.07$) (Krapp et al. 1993, S. 346). Die Hypothese des negativen Zusammenhangs wurde somit eher angenommen, insbesondere für den Faktor persönliche wertbezogene Valenzen, der für alle drei Regulationsstile eine bedeutsame Wirkgröße darstellte.

H3: Ist die Lernmotivation intrinsisch, ist das Studieninteresse höher.

Die Zusammenhangshypothese untersuchte den Faktor intrinsische Regulation des SRQ-A und den FSI. Die intrinsische Regulation war entsprechend der Skala von 1 bis 5 insgesamt moderat ausgeprägt ($M=2.48$, $SD=0.83$). Die interne Konsistenz der Skala war mit einem Cronbachs $\alpha=0.89$ sehr gut, somit konnte das Konstrukt der intrinsischen Motivation im Studienkontext durch den SRQ-A treffend abgebildet werden. Von den fünf Items erfuhrn die beiden Aussagen zur Freude an der Auseinandersetzung mit den Studieninhalten die größte Zustimmung. Im Vergleich zu den Mittelwerten der beiden sehr kontrollierten Faktoren exterale und introjizierte Regulation ($M=3.41$ und $M=3.05$) war die intrinsische Regulation in der Stichprobe erkennbar geringer ausgeprägt. Dies spiegelte sich auch im eher moderat ausgeprägten Mittelwert des Studieninteresses wider ($M=1.74$). Zur genauen Einschätzung wurde die in 5.2.1 benannte Berechnungsvorschrift zur Ermittlung des SDI (Müller et al. 2007, S. 7) angewendet. Es ergab sich eine negative Ausprägung und somit eine eher kontrolliert empfundene motivationale Regulation und folglich eher extrinsische Motivation ($M=-2.93$, $SD=2.75$). Unter Berücksichtigung des maximal möglichen Negativwertes von -12 konnte jedoch noch nicht von einer stark extrinsischen Ausprägung ausgegangen werden.

Der Zusammenhang wurde mittels bivariater Korrelation nach Pearson untersucht, mit dem Studieninteresse als Prädiktor und der intrinsischen Regulation als Kriterium. Es zeigte sich ein signifikanter hoher negativer Zusammenhang ($r=-0.794$, $p<0.001$), das heißt bei einem hohen Studieninteresse wäre in der Stichprobe mit hoher Wahrscheinlichkeit die intrinsische Regulation und somit das Erleben der Selbstbestimmtheit nur sehr gering ausgeprägt. Dies stellte einen sehr unerwarteten Befund dar. Eine in Tabelle 45 dargestellte multiple lineare Regressionsanalyse sollte den Einfluss weiterführend untersuchen. Die Analyse zeigte, dass das Studieninteresse einen signifikanten Einfluss auf die intrinsische Regulation ausübte, $F(3,185)=112.097$, $p<0.001$. Das Modell zeigte mit einem korrigierten $R^2=0.639$ eine hohe Varianzaufklärung. Negative signifikante Einflüsse konnten für alle drei FSI Faktoren nachgewiesen werden. Bei höheren Selbsteinschätzungen der Faktoren des Studieninteresses würde die Bewertung der intrinsischen Regulation demnach jeweils sinken (beim Faktor gefühlsbezogene Valenzen z.B. um 0.817).

Tabelle 45: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der intrinsischen Regulation durch das Studieninteresse

Prädiktoren	B	SE	β
Gefühlsbezogene Valenzen	-0.817* (<0.001)	0.088	-0.529
Wertbezogene Valenzen	-0.284* (0.017)	0.118	-0.143
Intrinsischer Charakter	-0.395* (<0.001)	0.084	-0.260
R^2	0.645		
korr. R^2	0.639		
F(3,185)	112.097 (<0.001)		

Anmerkungen. N=189. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Das Konstrukt des Studieninteresses eignete sich somit erwartungskonform sehr gut zur Vorhersage der intrinsischen Motivation. Sehr unerwartet und z.B. nicht der Publikation zum FSI entsprechend ($r=0.46$ für intrinsische Motivation, jedoch über ein anderes Instrument erfasst) (Krapp et al. 1993, S. 346) waren die negative Korrelation sowie der starke negative Einfluss, die der eigentlich anzunehmenden konzeptuellen Ähnlichkeit der intrinsischen Motivation und z.B. dem intrinsischen Charakter, der explizit über den FSI abgefragt wird, widersprach.

Als Erklärungsansatz wurde eine Untersuchung zur Wahl des Studienfachs Lehramt Sozialwissenschaften herangezogen, bei der ebenfalls der FSI und die motivationale Orientierung Teil der Erhebung waren und bei der die Orientierung ebenfalls nur unzureichend mit dem Studieninteresse erklärt werden konnte. Die Autoren merkten an, dass viele Studierende besonders in frühen Phasen des Studiums oder vor Beginn des Studiums noch nicht reflektierten, warum sie ein bestimmtes Fach studieren wollen. Sie sprachen ferner von einer teilweise noch fehlenden fachspezifischen Motivationsgrundlage (Schuhéen et al. 2013, S. 13). Weiterhin betonte die Interessentheorie den Bezug der gefühls- und wertbezogenen Zuschreibungen direkt auf den Gegenstand an sich und nicht auf damit in Verbindung stehende Sachverhalte. Darüber hinaus sollte die Interaktion mit dem Interessengegenstand als möglichst selbstbestimmt erlebt werden (Krapp 1999; Krapp et al. 1993). Wird das Ergebnis des SDI hinzugezogen, das negativ und somit eher kontrolliert ausfiel, könnte geschlussfolgert werden, dass die Studienwahl in der Stichprobe eher noch von äußeren oder kontrollierenden Faktoren bestimmt wurde, z.B. von den Eltern und deren Anspruchsdenken sowie einer möglichst guten beruflichen Perspektive. Der Zusammenhang zwischen Studieninteresse und intrinsischer Motivation sollte jedoch weiterführend untersucht werden, indem z.B. Erhebungsinstrumente einbezogen werden, die das Konstrukt der intrinsischen Motivation differenzierter erfragen. Zusätzlich sollte beachtet werden, dass mit bivariaten Korrelationen keine kausalen Wirkbeziehungen bewiesen werden können, sondern dies lediglich als Hinweis dienen kann, dass die Veränderung einer Variable durch eine andere bedingt werden könnte (Wirtz und Nachtigall 2004, S. 133–134).

Insgesamt musste die Hypothese somit abgelehnt werden, da kein positiver Zusammenhang festgestellt werden konnte.

H4: Ist die Lernmotivation extrinsisch, ist die Akzeptanz von E-Learning geringer.

Die Zusammenhangshypothese beinhaltete die Untersuchung der drei extrinsischen Regulationsstile des SRQ-A und der sieben Items zur E-Learning Akzeptanz. Die Analyse der Häufigkeiten und Reliabilitäten wurden bereits beschrieben. Somit erfolgte direkt die Untersuchung des Zusammenhangs in Form einer bivariaten Korrelation nach Pearson. Die E-Learning Akzeptanz war dabei das Kriterium. Die Ergebnisse werden in Tabelle 46 dargestellt.

Tabelle 46: Zusammenhang zwischen E-Learning Akzeptanz und extrinsischer Motivation

E-Learning Akzeptanz	
Externale Regulation	-0.148* (0.021)
Introjizierte Regulation	-0.129* (0.038)
Identifizierte Regulation	-0.167* (0.011)

Anmerkungen. N=189

Für alle drei Faktoren konnten signifikante geringe negative Zusammenhänge nachgewiesen werden, das heißt bei starker Ausprägung der Faktoren der extrinsischen Motivation wäre die E-Learning Akzeptanz eher gering. Eine multiple lineare Regressionsanalyse sollte den Einfluss der Faktoren der extrinsischen Motivation auf die E-Learning Akzeptanz weiterführend analysieren (siehe Tabelle 47). Die Analyse zeigte einen signifikanten Einfluss der extrinsischen Motivation auf die E-Learning Akzeptanz, $F(3,185)=2.792$, $p=0.042$. Das Modell konnte mit einem korrigierten $R^2=0.028$ eine lediglich geringe Varianzaufklärung nachweisen. Ein signifikanter Einfluss lag nur für die externe Regulation vor ($p=0.049$). Bei einer höheren Selbsteinschätzung dieses Faktors würde die Bewertung der E-Learning Akzeptanz um 0.144 sinken.

Tabelle 47: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der E-Learning Akzeptanz durch die extrinsische Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Externale Regulation	-0.144* (0.049)	0.072	-0.146
Introjizierte Regulation	-0.013 (0.879)	0.083	-0.016
Identifizierte Regulation	-0.115 (0.274)	0.105	-0.114
R^2	0.043		
korr. R^2	0.028		
$F(3,185)$	2.792 (0.042)		

Anmerkungen. N=189. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Zusammenfassend ließ sich der angenommene negative Zusammenhang bestätigen. Das Konstrukt der extrinsischen Motivation eignete sich insgesamt jedoch nur bedingt zur Erklärung der E-Learning Akzeptanz. Der vermutete negative Zusammenhang der Hypothese konnte somit angenommen werden und bestand insbesondere für den SRQ-A Faktor externe Regulation, das heißt dem kontrolliertesten Regulationsstil der extrinsischen Motivation.

H5: Ist die Lernmotivation intrinsisch, ist die Akzeptanz von E-Learning höher.

Die Zusammenhangshypothese beinhaltete die Untersuchung des intrinsischen Regulationsstils des SRQ-A und der sieben Items zur E-Learning Akzeptanz. Die Ausprägung der Häufigkeiten sowie die Analyse der Reliabilität wurden für beide Fragebogen-Instrumente bereits in vorherigen Hypothesen beschrieben. Die E-Learning Akzeptanz war bei der bivariaten Korrelationsanalyse nach Pearson das Kriterium und die intrinsische Regulation der Prädiktor. Es zeigte sich ein sehr geringer negativer, Zusammenhang ($r=-0.036$, $p=0.310$), der zudem nicht signifikant war. Die intrinsische Regulation eignete sich somit nicht zur Erklärung der E-Learning Akzeptanz. Die Hypothese wurde demnach

abgelehnt. Unter Berücksichtigung des unerwarteten Zusammenhangs zwischen intrinsischer Regulation und Studieninteresse in der Stichprobe wäre jedoch zu überprüfen, ob ein Zusammenhang mit einem Messinstrument, das die intrinsische Motivation differenzierter erfasst, feststellbar wäre.

Zusätzliche Erhebungen des Fragebogens

Nach den zum Teil unerwarteten Befunden zu Zusammenhängen zwischen den Fragebogenbestandteilen motivationale Regulationsstile, Studieninteresse und E-Learning Akzeptanz wurde der SDI-Wert als Gesamtwert der Regulation noch zusätzlich mit beiden Konstrukten korreliert. Für das Studieninteresse konnte ein signifikanter hoher negativer Zusammenhang mit dem Selbstbestimmungsindex ($r=-0.520$, $p<0.001$) nachgewiesen werden. Der Befund spiegelte das überraschende Ergebnis zum Zusammenhang zur intrinsischen Regulation wider, da unter Berücksichtigung des SDI gelten würde, dass das Studieninteresse bei einem positiv ausgeprägten und somit intrinsischen SDI-Wert geringer werden würde. Die E-Learning Akzeptanz korrelierte nicht mit dem Selbstbestimmungsindex ($r=0.056$, $p=0.220$). Für dieses Konstrukt konnte somit bestätigt werden, dass hinsichtlich der motivationalen Orientierung kaum Zusammenhänge nachweisbar waren. Zusätzlich wurden die weiteren Angaben zur E-Learning Nutzung des Fragebogens ausgewertet. Die meistgenannte Angabe zur Nutzung von E-Learning war das Lernmanagementsystem Moodle, das von der Technischen Universität Ilmenau zur Kursverwaltung und für einfache E-Learning-Aufgaben verwendet wurde. Spezifische Anwendungen, z.B. zum Erlernen von Sprachen oder Programmiersprachen, wurden deutlich seltener genutzt.

Die Erfahrungen im Umgang mit E-Learning wurden jeweils mit einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 bis 5 erfasst. Zustimmung ($M=3.07$, $SD=1.56$) erfuhr z.B. die Aussage, dass sich Studierende durch E-Learning sicherer fühlen, das heißt dass E-Learning mehrheitlich als sinnvolle Ergänzung zum Präsenzunterricht angesehen wurde. Beim Erlernen spezifischer Themen wurde E-Learning vorrangig im Bereich Sprachen genutzt ($M=2.70$, $SD=1.71$). Die Nutzung war nicht an feste Uhrzeiten gebunden ($M=3.72$, $SD=1.48$). Die Prüfungsvorbereitung und das Vertiefen von Lernstoff war mehrheitlich Bestandteil der Nutzung von E-Learning ($M=2.99$, $SD=1.50$ sowie $M=2.92$, $SD=1.46$). An Bedeutung gewann E-Learning insbesondere kurz vor dem Absolvieren von Prüfungen ($M=3.13$, $SD=1.65$), aber auch während des Semesters konnte von einer häufigeren Nutzung ausgegangen werden ($M=2.78$, $SD=1.41$). Angebote wurden vorrangig genutzt, um Wissenslücken des aktuellen Lehrstoffs zu schließen ($M=3.08$, $SD=1.50$). In der Stichprobe wurde E-Learning häufig nur vereinzelt im Semester genutzt ($n=58$ Nennungen). 47 Angaben entfielen demgegenüber auf eine wöchentliche Nutzung und sieben Angaben sogar auf eine tägliche Nutzung. Die vollständige Auflistung der Häufigkeiten der Items findet sich in Anhang A2.2.

Kritische Würdigung der Ergebnisse und Methode

Zunächst soll die Konzeption des Fragebogens im Rahmen der Bachelorarbeit (Gatzemeier 2019) kritisch betrachtet werden. Ein Problem stellte die ausbleibende Definition des E-Learning-Begriffs im entsprechenden Teil der Befragung dar, aufgrund dessen unklar blieb, ob alle Befragten ein ähnliches Grundverständnis bei der Bearbeitung der Items aufwiesen. So könnte es z.B. sein, dass für einige Probanden E-Learning lediglich interaktive Lernangebote, wie Duolingo oder Codecademy sind und andere wiederum ausschließlich mit Diensten wie Moodle in Kontakt kommen, bei denen der Aspekt des Kursmanagements in der Anwendung häufig deutlich stärker ausgeprägt ist als das eigentliche elektronisch unterstützte Lernen.

Hinsichtlich der Studiendurchführung war ein kritischer Aspekt analog zur Motivationsstudie 1 die Stichprobengröße und die damit verbundene Aussagekraft hinsichtlich geringer Effektgrößen (0.1), die bis auf die Zusammenhänge von identifizierter und intrinsischer Regulation und Studieninteresse in allen Korrelationen vorlagen. Eine Prüfung mit der Software G*Power ergab für eine Teststärke von 0.95 eine notwendige Teilnehmerzahl von 1077 und für eine Teststärke von 0.80 eine Teilnehmerzahl von 616. Demnach wäre eine Stichprobe dieser Größenordnung notwendig gewesen, um für kleine Effektgrößen signifikante Ergebnisse erzielen zu können. Die Stichprobengröße für mittlere und große Effektgrößen war nach den G*Power-Daten gegeben. Die geforderten Teilnehmerzahlen wären im Kontext der Technischen Universität Ilmenau, bei der es sich um eine vergleichsweise kleine Hochschule handelte, kaum erreichbar gewesen. Aus forschungsökonomischen Gründen können in Primärstudien zumeist nur relativ begrenzte Stichprobengrößen erzielt werden (Döring und Bortz 2016, S. 191). Die Samplegröße von 189 Befragten überstieg dahingehend bereits die Erwartungen. Hinsichtlich der Auswertung fiel der überraschende negative Zusammenhang zwischen intrinsischer Regulation und Studieninteresse auf. Ein Nachteil, der sich aus der Konzeption der motivationalen Regulationsstufen nach Deci und Ryan per se ergab, war, dass die intrinsische Motivation lediglich eine Regulationsstufe umfasste und die extrinsische Regulation in vier Stufen untergliedert war, von denen zudem die „intrinsischste“ Stufe im Fragebogen ausgespart wurde (Müller et al. 2007). Es wären daher weiterführende Untersuchungen erstrebenswert, die den Zusammenhang zwischen Studieninteresse und intrinsischer Motivation mit einem ausdifferenzierteren Messinstrument analysieren sollten. Im deutschsprachigen Raum würde sich dafür z.B. die Kurzskala zur intrinsischen Motivation anbieten (Wilde et al. 2009).

Zusammenfassung der Ergebnisse

Abschließend werden die wichtigsten Erkenntnisse der Untersuchung in Form der Beantwortung Forschungsfrage der Onlinestudie (siehe Tabelle 4 in Abschnitt 4.2) zusammengefasst:

- Der Personenfaktor Studieninteresse als Ausdruck eines individuellen Interesses und Voraussetzung für die Wahl eines bestimmten Studiengangs konnte in der Population als moderat ausgeprägt angenommen werden.
- Der Personenfaktor der motivationalen Orientierung entsprechend der Selbstbestimmungstheorie konnte als eher kontrolliert reguliert aufgefasst werden. Lernen erfolgte eher zweckorientiert und weniger aus Freude an den Inhalten und Tätigkeiten innerhalb eines Studiengangs.
- Die Befunde ließen Schlussfolgerungen zu, dass die Studienwahl zu unterschiedlichen Teilen durch ein übergeordnetes Interesse an einer Wissensdomäne erklärt werden könnte sowie durch extrinsische Motivationsfaktoren, wie dem Einfluss von Eltern und Familie oder den späteren Berufsperspektiven.
- Von einer grundsätzlichen Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft von E-Learning-Angeboten im Studium konnte ausgegangen werden. Es konnte zudem gezeigt werden, dass E-Learning dem Großteil der Studierenden bekannt und im Umgang vertraut war.

Diese Befunde wurden für sämtliche weitere Untersuchungen als Basiswert für die übergeordneten motivationalen Personenfaktoren und generelle E-Learning Akzeptanz der Population aufgefasst. Es wurde davon ausgegangen, dass sich diese Ergebnisse über den Gesamtuntersuchungszeitraum von vier Semestern nicht signifikant bei den Studierenden der Technischen Universität Ilmenau ändern würden.

5.3 Fokusgruppen mit Studierenden zur Konzeption der Adaptationstechniken

Wie der Abbildung 35 in Abschnitt 4.4 zu entnehmen, fanden parallel zur Motivationsstudie 1 und der Onlinestudie qualitative Erhebungen auf Basis der Ausgangsversion von NanoTecLearn zur Konzeption und Verifikation möglicher Adaptationstechniken statt. Die Lernplattform wurde in diesem Zusammenhang aus Expertensicht, das heißt aus der Perspektive der Lehrenden und Entwickler, sowie aus Benutzersicht, das heißt aus der Perspektive der Studierenden und somit späteren Anwender des Systems, evaluiert. Einen Teil der qualitativen Erhebungen der Studierendenperspektive bildeten die Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3). Die qualitative Evaluation diente der Identifikation von Potenzialen zur Optimierung von NanoTecLearn sowie zur Implementierung von geeigneten motivationalen Adaptationstechniken. Von Bedeutung waren in diesem Zusammenhang die Nützlichkeit der Software sowie das Benutzererlebnis, das heißt die Usability und User Experience des Systems. Es sollte sichergestellt werden, dass die Interaktion der Benutzer mit dem zu implementierenden System möglichst effektiv, effizient und zufriedenstellend verlaufen würde, jedoch auch eine affektive Komponente während des Umgangs mit der Lernplattform berücksichtigt werden

würde (Hartson und Pyla 2012, S. 9–12). Der aktuelle Abschnitt fokussiert sich auf eine Evaluation im Wintersemester 2017/18 mit der späteren Hauptzielgruppe der Plattform in Form von vier Fokusgruppen mit Studierenden (Schulz et al. 2012) mit zweigeteiltem Studiendesign. Die Befragungen fanden am 26.01., 27.01., 31.01. und 07.02.2018 mit insgesamt 19 Studierenden der Technischen Universität Ilmenau statt. Entsprechend der in Tabelle 5 in Abschnitt 4.2 formulierten Haupt- und Unterforschungsfragen zielten die Fokusgruppen insbesondere darauf ab, geeignete Adaptationstechniken zur Weiterentwicklung von NanoTecLearn aus Sicht der Studierenden zu identifizieren. Neben dem Anpassungsprozess sollten Einflussfaktoren auf die Adaptation und das Begriffsverständnis von Lernmotivation erfragt werden. Berücksichtigung fand zudem der selbstregulierte Lernansatz von NanoTecLearn (siehe Abschnitt 4.3), der im zweiten Teil des Untersuchungsdesigns der Fokusgruppen adressiert wurde, bei dem die Lernenden aus Systemsicht mögliche Adaptationstechniken erarbeiten sollten.

5.3.1 Untersuchungsdesign

Als inhaltliche Grundlage der Erhebungen diente das in Abbildung 46 dargestellte Dekompositionsmodell der Adaptation (Paramythis et al. 2010, S. 394), das den Prozess der Systemanpassung auf Input-Daten eines Benutzers in fünf Schritte untergliedert und eine Synthese verschiedener Ansätze der für die Evaluation adaptiver Systeme vorgeschlagenen Layered Evaluation, das heißt das Zerlegen der Bewertung entsprechend der Systembestandteile, darstellt (Totterdell und Boyle 1990). Im einfachen zweistufigen Evaluationsmodell von Brusilovsky et al. erfolgte z.B. eine Zerlegung der Adaptation in die Bewertung der Interaktion (Werden Benutzerdaten angemessen vom System erfasst und verarbeitet?) und der Adaptation (Trifft das System valide und passfähige Anpassungen auf Basis der Benutzerdaten?) (Brusilovsky et al. 2001). Weiterhin Einzug in die Modellerstellung fand das Vier-Schichten-Modell zur Zerlegung des Adaptationsprozesses von Weibelzahl, bei dem vorrangig der Prozess der Informationsverarbeitung während der Systemanpassung im Vordergrund stand (z.B. Evaluation der Nutzer-Daten, des Adaptationsmechanismus und der Benutzerschnittstelle) (Weibelzahl 2003). Der Ansatz von Jameson zur generellen Beschreibung des Prozesses der Informationsverarbeitung in adaptiven Systemen wurde ebenfalls berücksichtigt (siehe Abschnitt 2.2.2). Demnach würde ein adaptives System nach Erfassung von Input-Daten des Benutzers eine Schlussfolgerung auf Basis dieser Datenlage ziehen und ein Benutzermodell kreieren, das später zur Anpassung des Systems während der Benutzung fortlaufend Anwendung finden würde (Jameson und Gajos 2012).

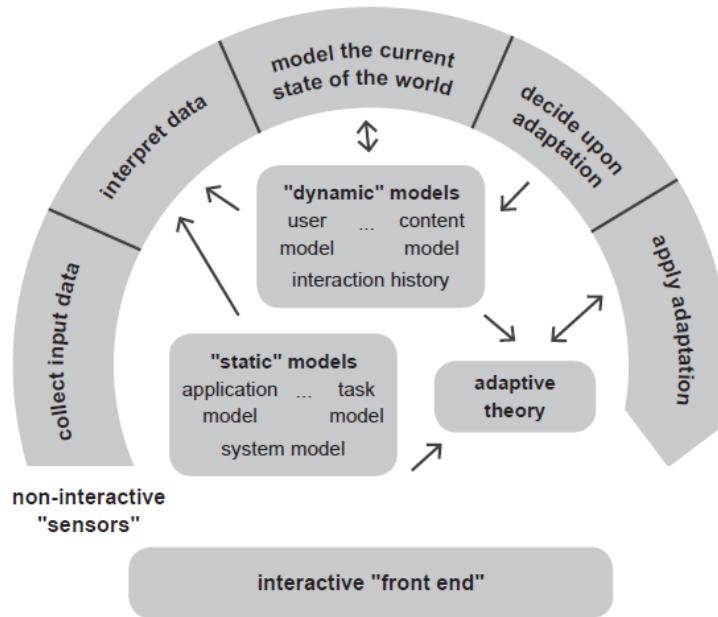


Abbildung 46: Dekompositionsmodell der Adaptation (angepasst nach Paramythis et al. 2010, S. 394)

Die im gewählten Modell beschriebenen Bestandteile der Evaluation des Adaptationsprozesses sind entsprechend der Abbildung (Paramythis et al. 2010, S. 394–395):

- Beschaffung der Input-Daten – Sammeln von Benutzerdaten mit spezifischen Sensoren oder durch explizite Benutzereingabe.
- Interpretation der Input-Daten – Rohdaten werden um Zusatzinformationen angereichert und somit für das System interpretierbar.
- Modellierung des aktuellen Benutzer- und Systemzustands – Ableiten des derzeitigen Wissens über den Benutzer aus Systemsicht auf Basis der verarbeiteten Input-Daten und Überführung in Benutzermodelle oder Ähnliches.
- Adaptationsentscheidung – Entscheidung über das Ausführen einer Systemanpassung auf Basis der modellierten aktuellen Benutzerzustände und Wahl einer geeigneten implementierten Adaptationstechnik.
- Adaptationsanwendung – Ausführen der Adaptation und Darstellung über zugehöriges User Interface.

Insgesamt sollte das Verständnis des Interaktionsprozesses mithilfe der Zerlegung der Adaptation in getrennt evaluierbare Teile vereinfacht werden (Weibelzahl 2003; Paramythis et al. 2010). Mithilfe der qualitativen Evaluation durch die Studierenden und somit durch die Zielgruppe der Plattform sollten insbesondere Meinungen zu den Bestandteilen der Adaptationsentscheidung und -anwendung eingeholt werden, um dies möglichst benutzerzentriert umsetzen zu können. Laut Paramythis et al. sollte in diesem Zusammenhang insbesondere die Notwendigkeit, Angemessenheit, Rechtzeitigkeit und Akzeptanz der Adaptation mit der Zielgruppe evaluiert werden sowie die Vorhersagbarkeit des

Systemverhaltens. Als geeignete Evaluationsmethoden wurden in diesem Zusammenhang Fokusgruppen und das User as Wizard Experiment genannt (Paramythis et al. 2010, S. 404–406). Beide Methoden sollten in diesem frühen Stadium vor der eigentlichen Implementierung adaptiver Systemkomponenten zum Einsatz kommen.

Untersuchungsmethode Fokusgruppe

Die Fokusgruppe wurde als Abwandlung eines leitfadengestützten Interviews (Gläser und Laudel 2010) in Form einer moderierten Gruppendiskussion aufgefasst (Krueger und Casey 2015). Die Methode eignet sich typischerweise in frühen Phasen eines Entwicklungsprozesses, um Benutzeranforderungen zu erheben und ein erstes Feedback, z.B. hinsichtlich einfacher Designentwürfe zu erhalten (Paramythis et al. 2010, S. 414). Das eher informelle Untersuchungssetting in Form einer Gruppendiskussion sollte zum Austausch verschiedener Meinungen hinsichtlich einer zentralen Fragestellung anregen. Typischerweise werden mehrere Fokusgruppen veranstaltet, um ein möglichst differenziertes Meinungsbild zu erhalten (Schulz et al. 2012, S. 9; Paramythis et al. 2010, S. 414). Den Startpunkt der leitfadengestützten Diskussion bildet ein Ausgangsreiz, in Form eines Vortrags oder einer sonstigen visuellen Präsentation (Schulz et al. 2012, S. 9). Der Leitfaden dient der besseren Vergleichbarkeit und Auswertbarkeit der Inhalte, insbesondere wenn eine Mehrzahl von Fokusgruppen durchgeführt wird. Im Fall der Fokusgruppen mit Studierenden zur Konzeption der Adaptation erwies sich diese Methode somit als sehr gut geeignet, um eine Vorstellung über den Anpassungsprozess aus Benutzersicht zu erhalten, wobei der benötigte anfängliche Stimulus durch die NanoTecLearn Plattform und eine Vermittlung des Konzepts der Anpassung auf Lernmotivation vermittelt wurde. Fokusgruppen wurden dahingehend explizit als geeignet für die Evaluation der beiden letzten Schritte des Dekompositionsmodells bezeichnet (Paramythis et al. 2010, S. 414). Als geeignete Anzahl für ein differenziertes Meinungsbild wurden drei bis fünf Fokusgruppen empfohlen (Schulz et al. 2012, S. 10). Zur Anwendung kamen letztendlich Untersuchungssettings mit unterschiedlichen Probanden und identischem Befragungsablauf sowie Interviewleitfaden.

Untersuchungsmethode User as Wizard Experiment

Den zweiten Bestandteil zur Skizzierung des möglichen Adaptationsprozesses stellte das User as Wizard Experiment dar (Masthoff 2006). Die Methode kombiniert das Wizard of Oz Experiment und den Contextual Design-Ansatz (Holtzblatt und Beyer 2016). Bei der Wizard of Oz Evaluation imitiert der Entwickler oder Designer die Rolle des späteren Systems in Form der Ausführung von Anpassungen als Reaktionen auf Input-Daten eines Benutzers. Der Benutzer wird für gewöhnlich im Unklaren darüber gelassen, dass er nicht ausschließlich mit einem System interagiert. Die Technik eignet sich gut in frühen Entwicklungsphasen, in denen ein vollständig implementiertes System noch nicht zur Verfügung steht (Paramythis et al. 2010, S. 416). Contextual Design beinhaltet die Beobachtung

typischer Arbeitsprozesse und die Modellierung relevanter Bestandteile und Arbeitsabläufe zwischen Benutzer und System (Benyon 2010, S. 271). Die resultierende Methode des User as Wizard Experiments bestand aus zwei Phasen, die beide im Rahmen der Fokusgruppen angewendet wurden (Paramythis et al. 2010, S. 416–417; Masthoff 2006):

Explorationsphase

- Probanden erhielten eine fiktive Szenariobeschreibung aus Sicht eines typischen Benutzers, der z.B. in Form einer Persona modelliert ist (Pruitt und Adlin 2006).
- Probanden erhielten eine Aufgabenbeschreibung, die vom adaptiven System ausgeführt werden soll.
- Probanden benannten Gründe für spezifische Handlungsentscheidungen und lieferten somit indirekt Kriterien zur Konzeption und Beurteilung der Adaptation im späteren System.

Konsolidierungsphase

- Probanden verifizierten die Akzeptanz der modellierten Systemhandlung, indem die Systemreaktion im konkreten Szenario für die gewählte Persona nachvollzogen wurde.
- Probanden beurteilten auf Basis spezifischer Evaluationskriterien die Ausführung der Adaptation.

Beide Phasen können in einem Entwicklungsprozess für mehrere Szenarien und Personas durchgeführt werden. Die Probanden der Fokusgruppen führten die Exploration und die Konsolidierung in einer Session durch. In jeder Fokusgruppe wurden daher zwei Untergruppen gebildet, die während der Exploration einen möglichen Adaptationsprozess für ein Szenario sowie eine Persona modellierten. In der Phase der Konsolidierung wurden die Ergebnisse ausgetauscht und unter den beiden Gruppen vorgestellt sowie diskutiert. Der Grundansatz und das typische Vorgehen des User as Wizard Experiments konnte somit unter den gegebenen Voraussetzungen beibehalten werden.

5.3.2 Ablauf der Untersuchung

Der Ablauf der Fokusgruppen sowie des User as Wizard Experiments ist in Abbildung 47 dargestellt. Die Befragungen wurden in vier Terminen mit jeweils vier bis fünf Probanden im Usability Labor des Fachgebiets Medienproduktion der Technischen Universität Ilmenau durchgeführt, das eine Video- und Audioaufzeichnung mithilfe beweglicher Kameras aus zwei Perspektiven ermöglichte. Die Studierenden wurden über einen studentischen E-Mail-Verteiler sowie über die parallel laufende Motivationsstudie 1 rekrutiert und die Teilnahme wurde mit einem Probandenhonorar vergütet.

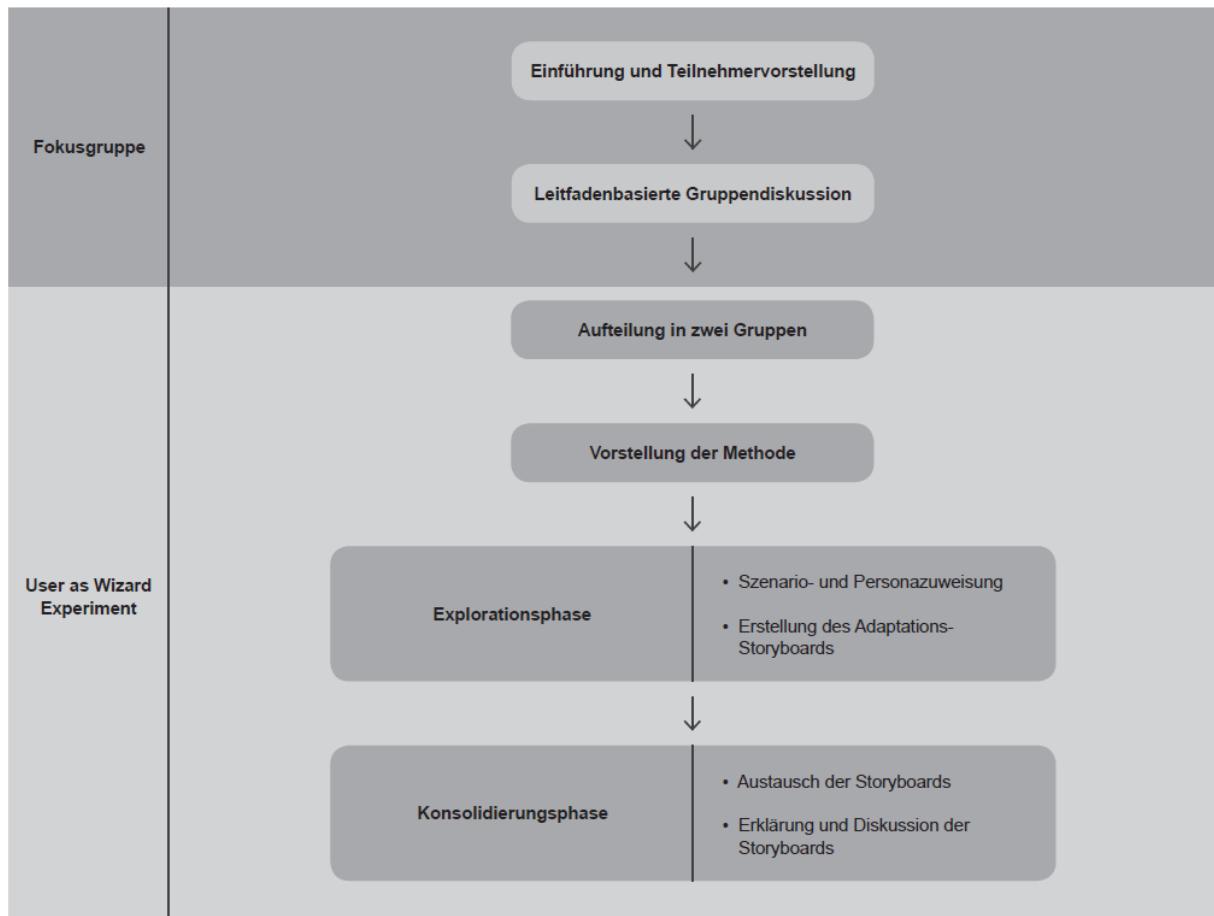


Abbildung 47: Ablauf und Bestandteile der Fokusgruppen mit Studierenden (eigene Darstellung)

Fokusgruppe

Die Fokusgruppe wurde von einem Moderator geleitet und im Beobachterraum des Labors von einer weiteren Person protokolliert. Das dazugehörige Beobachtungsprotokoll ist im Anhang A3.5 zu finden und enthielt eine detaillierte Verlaufsbeobachtung, bei der Zeiten (für das vereinfachte Finden in der aufgezeichneten Session) und besondere Vorkommnisse detailliert festgehalten werden konnten. Es entsprach somit den typischen in Usability Labortests (Rubin und Chisnell 2008) genutzten Beobachtungsprotokollen zur Dokumentation von Auffälligkeiten während einer Testsession. Die Moderation der Diskussion erfolgte mithilfe eines Leitfadens (siehe Anhang A3.1) und einer begleitenden PowerPoint-Präsentation, die die Lernplattform NanoTecLearn und das Dekompositionsmodell der Adaptation (Paramythis et al. 2010, S. 394) vorstellte. Als Ziele der Fokusgruppe wurden benannt, dass der Zeitpunkt, der Inhalt und die Gestaltung der Adaptation aus Sicht der Studierenden sowie die Einflussfaktoren der Akzeptanz von Systemanpassungen diskutiert werden sollten.

Für den ersten offenen Diskussionsteil der Befragung waren ca. 45 Minuten vorgesehen. Nach der Einführung erfolgte zunächst die Vorstellung der Studierenden, wobei für die spätere Auswertung das Alter, der Studiengang und Vorerfahrungen mit E-Learning mithilfe eines Sitzplans dokumentiert

wurden. Daraufhin wurden die Diskussionsregeln benannt, um einen möglichst reichhaltigen Informationsaustausch gewährleisten zu können. Als Diskussionsgrundlage wurde das Dekompositionsmodell der Adaptation mithilfe der PowerPoint-Präsentation permanent gezeigt und vorab ausführlich erläutert. Der Einstieg in die Gruppendiskussion befasste sich mit dem Verständnis des Begriffs Lernmotivation aus Sicht der Studierenden. Dahingehend sollte das Alltagsverständnis des Konzepts hinterfragt werden und die Studierenden sollten anhand eigener Erfahrungen reflektieren, inwiefern sich die aktuelle Motivation während des Lernens ändern könnte. Daraufhin sollte diskutiert werden, inwiefern eine Lernplattform auf Motivationsänderungen reagieren sollte und welche Möglichkeiten hinsichtlich der Systemanpassungen gegeben sein sollten. Den Abschluss dieses primären Diskussionsteils der Fokusgruppe bildeten gezielte Nachfragen zur Akzeptanz derartiger Systemeingriffe im E-Learning Kontext aus Sicht der Probanden.

User as Wizard Experiment

Analog zur Fokusgruppendiskussion wurde zunächst die Vorgehensweise erläutert. Für die Durchführung des Experiments diente ein gesonderter Leitfaden (siehe Anhang A3.2) als Grundlage, außerdem wurde ein zweiter Testleiter im Raum benötigt, aufgrund der späteren Aufteilung der Studierenden in zwei Gruppen. Als Grundlage der Explorationsphase dienten vier Personas (siehe Anhang A3.3), die typische Lernende im Umgang mit E-Learning Plattformen beschreiben sollten und die im Rahmen eines Seminarprojekts des Fachgebiets Medienproduktion der Technischen Universität Ilmenau von Masterstudierenden der Medientechnologie im Sommersemester 2017 erstellt wurden. Grundlage bildete der Persona-Kreationsprozess nach Cooper, bei dem typische Eigenschaften und Verhaltensvariablen aus einer Kombination qualitativer und quantitativer Methoden (in dem Fall die Durchführung einer Onlinebefragung sowie einer Fokusgruppe mit Studierenden im Sommersemester 2017) modelliert werden (Cooper et al. 2014, S. 82). Die entstandenen Personas wurden für das User as Wizard Experiment angepasst und enthielten neben demografischen Informationen auch Angaben zu Vorwissen, grundlegender Motivation zur Bearbeitung einer Thematik, Lernstrategien, E-Learning Erfahrungen und Ausdauervermögen beim Lernen.

Den zwei Untergruppen wurde während des Experiments jeweils eine Persona zugewiesen, sodass jede der vier Personas während der vier Fokusgruppen insgesamt zweimal als Diskussionsgrundlage diente. Wichtig für die Explorationsphase waren insbesondere die Erwartungen an die Plattform sowie die Ausgangssituation, das heißt das Booklet, in dem sich die Persona im gegebenen Szenario befand, sowie die Veränderung der Motivation nach Beenden eines bestimmten Abschnitts. Vor der eigentlichen Exploration wurde zunächst NanoTecLearn grundlegend hinsichtlich Struktur, Navigations- und Interaktionskonzept sowie vermittelten Inhalten vorgestellt. Den beiden Untergruppen einer Session stand jeweils die Lernplattform NanoTecLearn während der Explorationsphase zur Verfügung. Als Grundlage zur Skizzierung der Adaptation diente ein Storyboard

(siehe Anhang A3.4), mit dem die Benutzeroberfläche der Lernplattform vereinfacht visualisiert und die Adaptation beschrieben werden konnte. Dahingehend sollte jeweils festgehalten werden, wie sich die Motivation entwickeln würde und in welchem Abschnitt sich die Benutzer befanden. Die Anpassungen sollten jeweils in Zeitpunkt, Inhalt und Design beschrieben werden. Im Anschluss daran erfolgte die Konsolidierungsphase, bei der die Untergruppen ihre Storyboards und Personas austauschten und nach einer fünfminütigen Einarbeitung in die Ausarbeitungen über die Ergebnisse diskutierten. Im Fokus standen dabei die Evaluation des empfohlenen Lernpfads des Benutzers durch die Plattform sowie die Einschätzung der Eignung der vorgeschlagenen Adaptationen. Beide Phasen des User as Wizard Experiments dauerten jeweils ca. 20-25 Minuten. Nach abschließenden Fragen zur generellen Akzeptanz eines adaptiven Lernsystems erfolgte die Verabschiedung der Probanden und das Ausfüllen des Bogens zur Vergabe des Probandenhonorars.

5.3.3 Ergebnisse der Fokusgruppen mit Studierenden

Die Ergebnisse wurden entsprechend einer qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring 2015) mithilfe eines aus den Leitfäden entwickelten sowie aus den Transkripten abgeleiteten Kategoriensystems (Kuckartz 2018) ausgewertet (siehe Anhang A3.6). Die Datenauswertung erfolgte somit anhand deduktiv und induktiv gebildeter Kategorien (Mayring 2015, S. 85) und erfolgte mithilfe der Software MAXQDA. Vor der eigentlichen Auswertung wurden sämtliche Daten gesichtet und aufbereitet. Neben dem Transkript der Audioaufzeichnung der Gruppendiskussionen waren dies pro Fokusgruppe die ausgefüllten Beobachtungsbögen, Storyboards und Sitzpläne. Die Transkripte wurden unter Berücksichtigung spezifischer Transkriptionsregeln angefertigt (Kuckartz 2018, S. 164–165), so wurden z.B. Lautäußerungen, wie „ähm“ oder „mhm“ weitgehend übernommen, Dialekte möglichst genau ins Hochdeutsch übersetzt und Kontextinformationen, wie Lachen, Zustimmung oder Zeigen auf andere Teilnehmer, integriert. Satzbau, Artikel und Grammatik wurden erhalten, unabhängig davon, ob sie fehlerhaft waren oder nicht. Sprechpausen wurden entsprechend ihrer Länge mit (.), (..) oder (...) gekennzeichnet. Die Transkripte wurden mit nummerierten Zeilen und Zeitstempeln versehen, um die spätere Auswertung zu vereinfachen. Für den Moderator wurde das Kürzel „DL“ (Diskussionsleiter) verwendet und die Probanden wurden ab Fokusgruppe 1 fortlaufend nummeriert von „P1“ bis „P19“, um die Aussagen später korrekt den jeweiligen Sessions zuordnen zu können. Insgesamt entstanden durch die vier Fokusgruppen ca. sechs Stunden Video- und Audiomaterial und 120 Seiten Transkript.

Beschreibung der Stichprobe

Insgesamt beteiligten sich 19 Studierende an den Fokusgruppen, wobei jeweils fünf Studierende an den Fokusgruppen 1, 3 und 4 teilnahmen und vier Studierende an der Fokusgruppe 2. Die Stichprobenbeschreibung konnte mithilfe der ausgefüllten Sitzpläne erfolgen. An der ersten

Fokusgruppe nahmen drei männliche und zwei weibliche Studierende teil, von denen vier Probanden Maschinenbau und eine Probandin Medienwirtschaft studierte. Somit war eine Mehrzahl der Befragten fachlich passend zum Thema der Lernplattform. Alle Teilnehmer gaben an, über E-Learning Erfahrung zu verfügen und diese Angebote hauptsächlich in universitären Kontexten zu nutzen. Fokusgruppe 2 bestand aus je zwei weiblichen und männlichen Probanden, die ebenfalls allesamt über E-Learning Erfahrung verfügten. Neben universitärer Nutzung wurden Sprach-Lernanwendungen genannt. Drei Probanden studierten Medien- und Kommunikationswissenschaft und ein Proband Elektrotechnik und Informationstechnik. An der dritten Fokusgruppe nahmen zwei weibliche und drei männliche Probanden teil, wobei drei Teilnehmer in fachlich passenden Studiengängen (Maschinenbau und Technische Physik) und zwei Teilnehmer in fachfremden Studiengängen (Medienwirtschaft) immatrikuliert waren. Zwei Probanden verfügten über keine E-Learning Erfahrung und drei Probanden nannten neben universitären Kontexten und Sprach-Lernanwendungen auch Apps zum Erlernen von Programmiersprachen. Fokusgruppe 4 bestand aus einem weiblichen und vier männlichen Probanden, von denen zwei Studierende fachfremde (Medienwirtschaft sowie Medien- und Kommunikationswissenschaft) und drei Studierende fachlich zum Inhalt von NanoTecLearn passende Studiengänge aufweisen konnten (Elektrotechnik und Informationstechnik, Mikro-/Nanotechnologie, Maschinenbau). Vier von fünf Probanden verfügten über E-Learning Erfahrung, wobei die Probandin der Mikro-/Nanotechnologie angab, in einer Lehrveranstaltung bereits mit NanoTecLearn gearbeitet zu haben. Insgesamt nahmen somit sieben weibliche und 12 männliche Studierende an den Fokusgruppe teil, 16 von 19 Probanden verfügten nach eigenen Angaben bereits über E-Learning Erfahrung und 11 Studierende waren fachlich mit dem Themenbereich von NanoTecLearn vertraut.

Kategoriensystem

Entsprechend der Bestandteile der Diskussion wurden die Hauptkategorien Lernmotivation, Adaptation und Anforderungen an die E-Learning Plattform sowie sonstige Aspekte gebildet. Diese Bestandteile entsprachen den inhaltlichen Schwerpunkten des Leitfadens (siehe Anhang A3.1). Als weitere Nebenkategorie der sonstigen Aspekte wurde „App“ integriert, da E-Learning entsprechend der Stichprobenbeschreibung von einigen Probanden vorrangig über mobile Anwendungen genutzt wurde und z.B. in den Fokusgruppen 1 und 2 konkret als Möglichkeit zur Optimierung von NanoTecLearn angesprochen wurde (Fokusgruppe 1, Z. 701-702; Fokusgruppe 2, Z. 672-681). Die Übersicht des vollständigen Kategoriensystems mit allen Haupt- und Nebenkategorien findet sich in Anhang A3.6.

Datenauswertung

Die Datenauswertung mit MAXQDA erfolgte unter Verwendung der vier Transkripte und des Kategoriensystems in seiner Ausgangsform, das während des Auswertungsprozesses um weitere Kategorien, z.B. App, ergänzt wurde. Die Aufzeichnungen umfassten sämtliche Inhalte ab der Erklärung des Dekompositionsmodells der Adaptation bis zum Ende der Session.

Hauptkategorie 1: Lernmotivation

Begriffsbestimmung Lernmotivation

Motivation wurde allgemein von den Studierenden als Aufgabenbearbeitung im Hinblick auf ein bestimmtes Ziel, auch gegen auftretende Widerstände, bezeichnet (Fokusgruppe 2, Z. 42-44; Fokusgruppe 4, Z. 39-42). Das in Abschnitt 3.1.1 bereits benannte Erreichen eines Zielzustands und Wirksamkeitsstreben als Kernaspekt der Motivation spiegelte sich somit auch mehrheitlich im Alltagsverständnis des Motivationsbegriffs der Stichprobe wider. Lernmotivation wurde ferner als Bedingung für das Initiieren und Aufrechterhalten der Aufgabenbearbeitung bezeichnet (Fokusgruppe 1, Z. 5-9). Gesetzte Lernziele spielten dabei eine besondere Rolle hinsichtlich der empfundenen Ausprägung der Lernmotivation (Fokusgruppe 1, Z. 51-53). Lernziele wurden effizienzorientiert zudem hierarchisch in Haupt- und Teilziele zerlegt (Fokusgruppe 3, Z. 236-237; Fokusgruppe 4, Z. 141-148). Von besonderer Bedeutung war die empfundene Relevanz einer Aufgabe für die Zielerreichung sowie das Interesse, das durch ein Lernangebot geweckt werden sollte (Fokusgruppe 1, Z. 63-66). Diese Ansätze spiegelten Bestandteile des ARCS-Modells (siehe Abschnitt 3.2.2) sowie der aktuell wirksamen Motivation (siehe Abschnitt 3.2.3) wider.

Motivationsindikatoren

Insgesamt wurden verschiedene Faktoren benannt, die eine vorhandene Motivation positiv oder negativ beeinflussen könnten. Als eher physiologische Einflussgröße wurde das körperliche Befinden angemerkt, das von äußeren Faktoren wie Temperatur, Tageszeit, Wetter und Biorhythmus in Form typischer Lernzeiten beeinflusst werden könnte (Fokusgruppe 4, Z. 101-104). Als psychologische Einflussfaktoren wurden die Lernsituation, Lob und Kritik sowie mit dem Lernen assoziierter Stress beschrieben (Fokusgruppe 1, Z. 93-95; Fokusgruppe 4, Z. 104-107). Das soziale Umfeld wurde ebenfalls als bedeutsam aufgefasst, sowohl im positiven (z.B. Lerngruppen) als auch im negativen Sinn (z.B. Ablenkung) (Fokusgruppe 4, Z. 131-139). In diesem Zusammenhang wurde zudem die Erfolgsszuversicht als wichtig erachtet, da die Studierenden vorab Wahrscheinlichkeiten abschätzten, z.B. eine Aufgabe oder Klausur erfolgreich abzuschließen (Fokusgruppe 3, Z. 229-232). Eine geringe Einschätzung der Erfolgsaussichten würde demnach mit niedriger Motivation einhergehen. Beeinflusst würde dieser Faktor laut den Probanden besonders durch den Austausch mit anderen Studierenden (Fokusgruppe

4, Z. 132-134). Insgesamt zeigte sich somit, dass die Befragten die Einflussfaktoren der Lernmotivation sehr differenziert betrachteten und die in der Literatur benannte Wechselbeziehung von Personen- und Situationsfaktoren sich auch in deren Verständnis des Motivationsbegriffs widerspiegeln, zudem mit ähnlichen Motivationsindikatoren.

Mehrheitlich genannt wurden weiterhin Belohnungen und Bestrafungen und somit eher leistungsthematische, extrinsische Aspekte der Motivation (siehe Abschnitt 3.1.3). Diese manifestierten sich materiell oder ideell, wobei angemerkt wurde, dass die Motivation aus der Person selbst heraus wirksamer aufgefasst wurde als jene, die über externe Anreize erzielt werden könnte (Fokusgruppe 1, Z. 51-56; Fokusgruppe 3, Z. 573-575). Der Gestaltung von Lernaufgaben oder Lernmaterialien wurde ebenfalls eine wichtige Rolle beigemessen. Ein zu großer Umfang an Lernstoff, der in einer Session bearbeitet werden müsste, wurde z.B. als negativer Einflussfaktor benannt. Fortschrittsrückmeldungen wurden als wichtig erachtet, um den bereits zurückgelegten Weg einschätzen zu können (Fokusgruppe 2, Z. 674-676). Eine angemessene Wahl der Aufgabenschwierigkeit stellte laut den Probanden ebenfalls eine Einflussgröße der aktuell wirksamen Lernmotivation dar sowie die damit verbundene Gestaltung der Aufgaben und die daraus folgende kognitive Beanspruchung. Eine Überforderung sollte vermieden werden, jedoch wurde dieser Aspekt aufgrund des unterschiedlichen Vorwissens innerhalb der Stichprobe und der allgemeinen Persönlichkeitsstruktur als hochindividuell bezeichnet (Fokusgruppe 1, Z. 566-570; Fokusgruppe 3, Z. 227-229). Ein angemessenes Instruktionsdesign (siehe Abschnitt 3.2.2) sowie eine benutzerfreundliche Gestaltung des E-Learning Angebots sollte als Voraussetzung für das Zustandekommen und Aufrechterhalten von Lernmotivation demnach gegeben sein.

Einflussfaktoren auf die Veränderung der Lernmotivation

Die Fragestellung des Steigens und Sinkens der Lernmotivation wurde von den Probanden ebenfalls differenziert diskutiert. Ein Ansteigen der Lernmotivation würde mit dem erfolgreichen Bearbeiten von Aufgaben einhergehen (Fokusgruppe 4, Z. 850-852). Einen zusätzlichen extrinsischen Anreizfaktor könnte die Anrechnung von Bonuspunkten im Rahmen einer Lehrveranstaltung darstellen (Fokusgruppe 3, Z. 603-605). Dieser Aspekt wurde bereits in den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 benannt (siehe Abschnitt 5.1.3). Es zeigte sich somit, dass trotz des Erkennens der Bedeutsamkeit intrinsischen Interesses für die Aufgabenbearbeitung auch äußere Anreize von Seiten der Universität eine wichtige Bedingungsgröße der Lernmotivation sein können. Zu einem Sinken der Lernmotivation würde laut Aussagen der Probanden besonders eine fehlende Relevanz des Themas für eigene Zielsetzungen führen (Fokusgruppe 2, Z. 77-83). Die Berücksichtigung dieses, auch im ARCS-Modell benannten Faktors, schien demnach von besonderer Bedeutung für die Entwicklung einer Lernplattform zu sein. Darüber hinaus wurde auch die Usability des Systems als wichtig erachtet (Fokusgruppe 2, Z. 332-333). Die Benutzung sollte möglichst intuitiv sein und wenig kognitive

Ressourcen beanspruchen, um den Fokus auf die konkreten Inhalte zu legen, was in Übereinstimmung mit den Befunden der Cognitive Load Theory stand (Chandler und Sweller 1991).

Messung der Lernmotivation

Als wichtige Messgröße der Lernmotivation wurde die Bearbeitungszeit einer Aufgabe bezeichnet (Fokusgruppe 1, Z. 465-468), wobei die kontinuierliche Erfassung der Motivation während der Bearbeitung als schwer umsetzbar erachtet wurde. Insbesondere physiologische Messverfahren wurden kritisch gesehen, aber auch die differenzierte Selbsteinschätzung der Motivation stellte nach Angaben der Befragten eine Herausforderung dar (Fokusgruppe 3, Z. 151-153). Es wurde zudem angezweifelt, ob die Personen stets in der Lage wären, sich selbst umfassend einzuschätzen und vorherrschende affektive oder motivationale Zustände angemessen zu benennen. Als Alternative wurde daher die Erfassung von Verhaltensdaten, wie die Häufigkeit und Dauer der Nutzung eines E-Learning Angebots, genannt (Fokusgruppe 1, Z. 253-256). Teilweise wurde angemerkt, dass eine geringe Motivation je nach Situation toleriert werden könnte, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen und die Interventionen durch eine adaptive Lernplattform in diesem Fall eher als störend aufgefasst werden würden (Fokusgruppe 2, Z. 155-159).

Hauptkategorie 2: Adaptation und Anforderungen an die E-Learning Plattform

Die Ergebnisse dieses Bestandteils basierten auf der offenen Diskussion sowie auf der Auswertung des User as Wizard Experiments und der dazugehörigen angefertigten Storyboards und anschließenden Besprechung der Lösungen im Rahmen der Konsolidierungsphase.

Anforderungen an die Booklets der Lernplattform

Als Alternative für die langen Texte des Theorieteils wurde z.B. die Zusammenfassung einer Thematik in Form von Prozessdarstellungen oder sonstigen Schaubildern genannt (Fokusgruppe 4, Z. 747-751). Diese Vereinfachung wurde auch in den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3) bereits angesprochen. Das geeignete Einbeziehen von Zusammenfassungen des bisher Gelernten war ebenfalls Teil der Diskussion. Die Gliederung der Inhalte sollte in kleinen Einheiten vorliegen und im Hinblick auf NanoTecLearn insbesondere im Theorienteil noch mehr unterteilt werden. Die Sichtbarkeit der Bestandteile dieses Abschnitts würde nach Meinung der Probanden eine größere Transparenz hinsichtlich der zu erwartenden Inhalte darstellen (Fokusgruppe 2, Z. 262-266). In diesem Zusammenhang wurde eine Idee diskutiert, zunächst die bisherige grobe Gliederung anzuzeigen und die übergeordneten Gliederungspunkte als Drop-Down-Liste zu gestalten, die die konkreten Unterpunkte anzeigen würde (Fokusgruppe 1, Z. 1324-1326).

Die Inhalte sollten hinsichtlich der Textgestaltung möglichst vielfältig gestaltet sein und multimedial aufbereitet werden, z.B. als Texte, Abbildungen, Formeln, interaktive Elemente oder Videos

(Fokusgruppe 2, Z. 222-225). Als Vorschlag für ein adaptiven Systems wurde genannt, dass das System die Häufigkeit erfassen könnte, mit der bestimmte Inhaltsdarstellungen rezipiert werden und diese daraufhin vermehrt als Vermittlungsform einsetzen könnte (Fokusgruppe 1, Z. 1303-1306). Dieser Ansatz würde einem Filtersystem auf Basis vorheriger Nutzung entsprechen. Als wichtiger Qualitätsindikator der Inhalte wurde ein Mitwirken der fachlich verantwortlichen Personen der Lehrveranstaltungen an der Umsetzung einer Lernplattform bezeichnet, um die Richtigkeit der Inhalte gewährleisten zu können sowie die Passfähigkeit zu konkreten Lehrveranstaltungen (Fokusgruppe 3, Z. 515-516).

Auf eine zu umfassende Einbeziehung von Fachbegriffen und Fremdwörtern sollte verzichtet werden und diese sollten, falls enthalten, angemessen definiert werden (Fokusgruppe 1, Z. 146-151; Z. 1077-1080). Als Lösungsvorschlag wurden die bereits in NanoTecLearn enthaltenen Mouseover-Effekte zum Einblenden der Glossarverweise genannt (Fokusgruppe 1, Z. 359-362). Definierte Begriffe sollten zudem, wie in der Ausgangsversion von NanoTecLearn bereits vorhanden, in einem Glossar gruppiert werden und als Verlinkungen kenntlich gemacht werden. Das Einbeziehen wissenschaftlicher Quellen im Fließtext wurde kontrovers diskutiert, da deren Vorhandensein für das Finden weiterführender Informationen essenziell wäre (so z.B. in einem Storyboard des User as Wizard Experiments der Fokusgruppe 3 angemerkt), die Unterbrechung des Texts durch zu viele Annotationen für einige der Teilnehmer jedoch als störend empfunden werden würde (Fokusgruppe 1, Z. 1085-1090). Für den in NanoTecLearn bereits enthaltenen Quellenabschnitt der Booklets wurde eine Gruppierung der Quellen entsprechend der Abschnitte vorgeschlagen sowie eine Annotation im Fließtext, z.B. in Form von Zahlenkürzeln (Fokusgruppe 1, Z. 1121-1124; Fokusgruppe 4, Z. 948-952).

Allgemein wurden die Texte der Booklets als primäres Medium zur Wissensvermittlung akzeptiert und deren Wichtigkeit anerkannt, jedoch sollten sie prägnant und verständlich geschrieben sein und angemessen an das Vorwissen der Zielgruppe anknüpfen. Bei längeren Textabschnitten sollte mit visuellen Abwechslungen gearbeitet werden, z.B. Abbildungen, Tabellen oder Formeln (Fokusgruppe 1, Z. 183-191). Zur Einbettung in einen universitären Kontext wünschten sich einige Probanden zudem Informationen darüber, welche Inhalte prüfungsrelevant wären und bei welchen Inhalten es sich lediglich um Zusatzkurse handelte (Fokusgruppe 1, Z. 380-385; Fokusgruppe 2, Z. 660-665). Die Anforderungen an die abwechslungsreiche Textgestaltung spiegelten somit weitgehend das Meinungsbild der Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 wider.

Anforderungen an die interaktiven Elemente der Lernplattform

Anforderungen an interaktive Elemente, wie Proben, Formeln oder 3D-Modelle, wurden unter verschiedenen Gesichtspunkten diskutiert. Allgemein betonten die Befragten den positiven Effekt, selbst aktiv zu werden und Parameter frei wählen zu können (Fokusgruppe 4, Z. 974-984), was bereits in den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 als primäre Motivationsquelle bezeichnet wurde.

In der Ausgangsversion von NanoTecLearn wurde jedoch der Gebrauch des Begriffs „interaktiv“ kritisch hinterfragt, da z.B. die Probenbetrachter und 3D-Modelle nur in eingeschränktem Maß Interaktionen ermöglichten. Analog zu den Ergebnissen der Motivationsstudie 1 wurden fehlende erklärende Texte zur Funktionalität der Elemente (diese könnten nach Meinung der Probanden auch als gesprochene Texte vorliegen) sowie allgemein zu wenig Möglichkeiten zur Interaktion bemängelt (Fokusgruppe 4, Z. 1002-1005).

Als weitere Wissenszugänge wurden Lernvideos genannt, um z.B. die Inhalte längerer Textpassagen nochmals zusammenzufassen (Fokusgruppe 2, Z. 463-466). Diese Idee wurde in den Storyboards der Fokusgruppen 1 und 2 skizziert. Videos sollten nach Ansicht der Studierenden direkt in die Plattform eingebunden werden und keine externen Webseiten aufrufen (Fokusgruppe 2, Z. 628-634). Aufgrund der vielen Erfahrungen mit Gamification-optimierten Apps innerhalb der Stichprobe wurde auch dieser Aspekt für NanoTecLearn diskutiert. Insbesondere die Strukturierung des Inhalts in aufeinanderfolgenden Level, ähnlich eines Spiels, wurde als sinnvoll erachtet (Fokusgruppe 3, Z. 394-398). Der Vergleich des eigenen Fortschritts mit den Ergebnissen anderer Lernender wurde ebenfalls als Anreiz genannt (Fokusgruppe 4, Z. 863-868). Der bereits zuvor angemerkt Aspekt des Erhalts von Bonuspunkten könnte in diesem Zusammenhang aufgegriffen werden. Abschließend wurde die Arbeit mit Pop-Up-Fenstern diskutiert, die allgemein kritisch gesehen wurden. Bemängelt wurde eine Überforderung aufgrund des permanenten Aufmerksamkeitswechsels. Bildschirmhinweise sollten, wenn enthalten, möglichst dezent und einfach schließbar sein (Fokusgruppe 1, Z. 854-856).

Anforderungen an die Lernkontrollmechanismen der Lernplattform

Hinsichtlich der Inhalte der Lernplattform sollte der Schwierigkeitsgrad so gestaltet werden, dass für eine Mehrzahl der Benutzer Erfolgsergebnisse mit angemessenem Aufwand erreichbar wären und die Motivation, sich weiter mit der Lernplattform zu beschäftigen, somit gegeben wäre (Fokusgruppe 3, Z. 227-232). Als Möglichkeit wurde die Anpassung des Schwierigkeitsgrads der Aufgaben entsprechend des Vorwissens oder Wissensstands der Lernenden genannt. Dies hätte zudem Auswirkungen auf die Komplexität der vorab vermittelten Inhalte (Fokusgruppe 3, Z. 236-245). Zusammenfassungen sowie Wissensabfragen wurden insgesamt als bedeutsam erachtet. Zusammenfassungen wurden häufig als Einstieg in einen Lernprozess bezeichnet, da viele Probanden sich zunächst diesen Abschnitten vor dem eigentlichen Inhalt der Booklets widmeten. Dahingehend wurde diskutiert, ob ein verfrühtes Anzeigen von Zusammenfassungen womöglich vom Bearbeiten der eigentlichen Inhalte abhielt und ein „Freischalten“ dieses Elements erst nach Bearbeiten des Theorieabschnitts ermöglicht werden sollte (Fokusgruppe 1, Z. 842-844).

Aufgaben und Kontrollfragen sollten laut den Befragten am Ende jeder größeren thematischen Einheit erscheinen und sicherstellen, dass die vermittelten Inhalte verstanden wurden (Fokusgruppe 3, Z. 318-323). Darüber hinaus wurde die Möglichkeit des Einblendens von Wiederholungsaufgaben nach

längerer Bearbeitungspausen diskutiert (Fokusgruppe 3, Z. 384-388). Die Aufgaben sollten in ihrer Gestaltung typischen Prüfungsaufgaben der dazugehörigen Lehrveranstaltung ähneln. Die Integration von Musterlösungen wurde als entscheidend für die Selbsteinschätzung des Lernprozesses bezeichnet (in Übereinstimmung mit den Aussagen der Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1). Die Lösungen sollten zudem Verweise auf die entsprechenden Bestandteile der Lernplattform enthalten, um Wissenslücken nochmals gezielt nachschlagen zu können (Fokusgruppe 1, Z. 543-551). Dieser Ansatz wurde in einem Storyboard des User as Wizard Experiments der Fokusgruppe 4 skizziert. Insgesamt ergab sich somit ein stark effizienzgesteuertes und zweckorientiertes Meinungsbild, jeweils im Hinblick auf die Vorbereitung auf konkrete Prüfungssituationen. Der bereits im Zuge der Motivationsdefinition durch die Studierenden angesprochene Relevanzfaktor spiegelte sich dahingehend wider.

Anforderungen an adaptive Systemkomponenten

Als mögliche Voraussetzung für die Integration von Adaptationstechniken wurde das Angebot verschiedener empfohlener Lernstrategien zum Durcharbeiten des Materials genannt (Fokusgruppe 1, Z. 446-449). Der Planungsgedanke im Sinne der Nutzung von E-Learning über einen längeren Zeitraum, z.B. über ein Semester hinweg, war ebenfalls von Bedeutung. Eine adaptive Lernplattform könnte in diesem Zusammenhang das Hinterlegen von Lernplänen ermöglichen, die in spezifischen Anpassungen oder Erinnerungen an anstehende Meilensteine resultieren könnten (Fokusgruppe 1, Z. 450-452). Dahingehend wäre zudem eine Schwerpunktsetzung und Gewichtung der Lerninhalte zu späteren Zeitpunkten des Semesters, z.B. unmittelbar vor anstehenden Prüfungen, wünschenswert (Fokusgruppe 1, Z. 448-452).

Die Adaptierbarkeit des Systems (siehe Abschnitt 2.2.3) vor der ersten Nutzung könnte nach Einschätzung der Probanden über die Einstellung eines Schwierigkeitsgrads, analog zu digitalen Spielen, oder über eine Vorwissensabfrage erfolgen (Fokusgruppe 4, Z. 836-838). Eine Anpassung hinsichtlich spezifischer Lernziele wurde ebenfalls genannt. Als Bedingung wurde das Anlegen eines Benutzerprofils genannt, in dem relevante Charakteristiken hinterlegt werden könnten (Fokusgruppe 3, Z. 442-448; Z. 482-484). Fern wurden soziale Aspekte angesprochen, die ebenfalls ein Benutzerkonto erfordern würden und darüber z.B. den Austausch zwischen Lernenden ermöglichen könnten. Neben der Kollaboration wurde auch das Konkurrieren mit anderen Studierenden angesprochen, indem z.B. Ranglisten hinsichtlich der Aufgabenbearbeitung angeboten werden könnten (Fokusgruppe 4, Z. 552-553). Die motivationale Wirksamkeit dieses Ansatzes wurde jedoch kontrovers diskutiert, da ein schlechteres Abschneiden im Vergleich zu anderen Lernenden nach Aussage der Probanden auch demotivierend wirken könnte (Fokusgruppe 3, Z. 425-428). Kommentarfunktionen für Hinweise an die Verantwortlichen der Lernplattform wurden als wünschenswert bezeichnet (Fokusgruppe 1, Z. 573-574).

Kontrollempfinden der Adaptation

Ein zentraler Punkt, der mehrheitlich angesprochen wurde, war die Kontrolle des Lernenden über den Ablauf des Lernprozesses. Diese sollte möglichst umfassend sein und selbstreguliertes Lernen fördern (Fokusgruppe 1, Z. 485-490; Fokusgruppe 3, Z. 272-278). Ein adaptives System sollte daher nach Möglichkeit mit Vorschlägen arbeiten, die dem Lernenden weitgehende Entscheidungsfreiheit überlassen (Fokusgruppe 2, Z. 612-615). Dies wurde auch für das Aus- und Einblenden von Zusatzinformationen, wie Textteilen, Abbildungen oder Beispielen als Voraussetzung genannt. Das System sollte dahingehend kenntlich machen, dass zusätzliche Inhalte verfügbar sind und um welche Inhalte es sich dabei handelt. In diesem Zusammenhang wurde zudem der Lernfortschritt und dessen Kennzeichnung diskutiert (Fokusgruppe 1, Z. 210-215). Das System sollte nach Meinung der Probanden den aktuellen Bearbeitungsstand in der Plattform klar vermitteln (Fokusgruppe 3, Z. 320-324). Als Möglichkeiten wurde das Aufzeigen einer Lernhistorie benannt, die den Wiedereinstieg nach längeren Bearbeitungspausen erleichtern würde (Fokusgruppe 2, Z. 674-677). Darüber hinaus sollte das System vermitteln, zu wie vielen Prozent eine Lerneinheit bereits bearbeitet wurde, z.B. in Form eines sich füllenden Fortschrittsbalkens (Fokusgruppe 4, Z. 852-856). Mit dieser Visualisierungsform wurde in einem Storyboard des User as Wizard Experiments der Fokusgruppe 1 gearbeitet. Als Herausforderung wurde dahingehend jedoch das bewusste Überspringen oder Auslassen von Bestandteilen einer Lerneinheit identifiziert. Als Alternative wurde daher die Angabe durchschnittlicher Bearbeitungszeiten genannt, um eine Selbsteinschätzung des Lernfortschritts anzuregen (Fokusgruppe 1, Z. 720-723). Aufgrund der sehr individuellen Gestaltung des Lernprozesses und der bevorzugten Bearbeitungszeit wurde das Definieren eigener Zielsetzungen als Möglichkeit genannt, entsprechend derer das System die Instruktion anpassen könnte (Fokusgruppe 4, Z. 831-834).

Hauptkategorie 3: Sonstige Aspekte

Neben den zentralen Fragestellungen der Motivation und Umsetzung der Adaptation wurden weitere Aspekte angesprochen. Die Usability der Plattform wurde als entscheidender Faktor für die Akzeptanz eines E-Learning Angebots und die daraus resultierende Nutzungsbereitschaft genannt. Die Bedienung der Plattform sollte möglichst wenig Aufmerksamkeit beanspruchen (Fokusgruppe 2, Z. 280-285). In diesem Zusammenhang wurden besonders die intuitive und übersichtliche Struktur und Navigation innerhalb des Lernmaterials betont. Suchfunktionen und systeminterne Zurück-Buttons sollten integriert werden, um eine unkomplizierte Bewegung zwischen den Unterseiten zu ermöglichen (Fokusgruppe 2, Z. 534-537). Die Navigation sollte erwartungskonform zur typischen Benutzung von Webseiten sein. Der Navigationsaspekt wurde auch in den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 bereits als wichtige Voraussetzung sowie als identifiziertes Optimierungspotenzial der Ausgangsversion von NanoTecLearn herausgestellt (Fokusgruppe 1, Z. 1353-1355).

Aspekte der Datensicherheit oder Überwachung der Benutzer wurden kontrovers diskutiert. Vorschläge, Motivationszustände z.B. kamerabasiert zu erfassen, wurden teilweise gänzlich abgelehnt, aber auch befürwortet (Fokusgruppe 1, Z. 443-446; Fokusgruppe 3, Z. 312-323). Dahingehend schienen die persönlichen Toleranzgrenzen sehr individuell ausgeprägt. Ein allgemeines Gefühl der Beobachtung oder Überwachung durch ein Lernsystem wurde jedoch mehrheitlich kritisch gesehen und könnte zudem eine Ablenkung vom eigentlichen Lernen darstellen (Fokusgruppe 4, Z. 274-276; Z. 340-344). Die zusätzliche Auswertungskategorie „App“ bildete einen letzten Auswertungsschwerpunkt. Erfahrungen bestanden hauptsächlich mit Apps zum Erlernen von Fremdsprachen, zur Unterstützung des Führerscheinerwerbs sowie zum Lernen von Programmiersprachen (Fokusgruppe 2, Z. 277-278; Z. 337-340; Fokusgruppe 3, Z. 344-351). Die mobile Nutzung und die Vertrautheit durch den häufigen Umgang mit dem Smartphone im Alltag wurde von den Studierenden als Potenzial identifiziert, mehr Nutzungsanreize für NanoTecLearn zu generieren. In diesem Zusammenhang wurde jedoch eine Anpassung der inhaltlichen Strukturierung hin zu deutlich kleineren Lerneinheiten als Voraussetzung angemerkt. Die Einbeziehung von Gamification-Elementen eignete sich nach Meinung der Probanden ebenfalls besonders in diesem Nutzungskontext. Lernfortschritte und Lernhistorie könnten zudem unmittelbar dokumentiert werden (Fokusgruppe 2, Z. 672-681).

Kritische Würdigung der Ergebnisse und Methode

Die Unterteilung der Untersuchung in die Fokusgruppendiskussion und das User as Wizard Experiment erwies sich allgemein als gut geeignete Methode, um eine umfassende Auseinandersetzung mit der Lernplattform sicherzustellen und mögliche Systemreaktionen anhand eines konkreten Szenarios zu modellieren. Während des User as Wizard Experiments wurde hinsichtlich der erzielten Ergebnisse jedoch deutlich, dass die Studierenden Schwierigkeiten hatten, sich die Reaktionen auf Motivationsveränderungen aus Sicht eines Systems vorzustellen. Für gewöhnlich wurde primär die Perspektive des Lernenden und dessen Wünsche und Bedürfnisse eingenommen. Die Befunde der Adaptationsvorschläge spiegelten daher vorrangig Optimierungspotenziale der Ausgangsversion von NanoTecLearn wider und weniger konkrete Handlungsanweisungen. Eine Limitation der Methode könnte in diesem Zusammenhang das weit fortgeschrittene Entwicklungsstadium der Lernplattform gewesen sein. Ein freies Brainstorming mit dem Ziel einer prototypischen Umsetzung war nur bedingt möglich, da das User Interface- und Interaction-Design der Plattform bereits sehr ausgereift waren und die Probanden sich nur schwer von der Vorlage lösen konnten.

Als Herausforderung erwies sich die Verallgemeinerbarkeit der Erkenntnisse, da die beschriebenen Lernpräferenzen sehr individuell waren. Es blieb somit kritisch abzuwegen, ob eine adaptive Lernplattform die spezifischen Bedürfnisse einer heterogenen Zielgruppe angemessen adressieren könnte. Hinsichtlich einer Optimierung der Methode sollte die Expertise der Probanden stärker einbezogen werden. Da die Studierenden selbst mehrheitlich Benutzer von E-Learning Angeboten

waren, wäre das Hineindenken in eine fiktive Persona zugunsten des direkten Äußerns eigener Verbesserungsvorschläge nicht zwingend nötig gewesen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Nachfolgend werden die zentralen Erkenntnisse der vier Fokusgruppen und User as Wizard Experimente unter Berücksichtigung der zentralen Fragestellungen der Untersuchungen zusammengefasst. Dies geschieht anhand der Unterforschungsfragen der Studie:

Unterforschungsfrage 1: Wie definieren die Lernenden den Begriff Lernmotivation?

- Gesetzte Lernziele spielen für die Ausprägung einer aktuell wirksamen und überdauernden Lernmotivation eine entscheidende Rolle.
- Lernmotivation beeinflusst die Initiierung und Aufrechterhaltung einer Aufgabenbearbeitung gleichermaßen.
- Vermittelte Relevanz und empfundenes Interesse sowie Erfolgszuversicht hinsichtlich einer zu bearbeitenden Aufgabe sind auf Personenseite zentrale Bedingungsgrößen für das Zustandekommen von Lernmotivation.
- Vermittelte Lerninhalte, Schwierigkeitsgrad der Aufgaben und angemessenes Feedback sind auf Situationsseite zentrale Bedingungsgrößen für das Zustandekommen von Lernmotivation.
- Kontinuierliche Erfassung von Motivation über physiologische Daten oder Selbsteinschätzungen sollte gegenüber der Einbeziehung von Verhaltensdaten abgewogen werden.

Unterforschungsfrage 2: Welchen Anforderungen sollte eine adaptive E-Learning Plattform hinsichtlich Inhalt, Didaktik, Technik und Usability genügen?

- Kontrolle des Lernenden im Sinne eines selbstregulierten Lernprozesses sollte aufrechterhalten und z.B. mittels Vorschlagssystem umgesetzt werden.
- Individueller Lernfortschritt sollte systemseitig erfasst und transparent wiedergegeben werden, z.B. über Fortschrittsanzeigen.
- Komplexe, primär textuell vermittelte Inhalte sollten angemessen strukturiert und um visuelle, interaktive oder videobasierte Elemente angereichert werden.
- Texte sollten dem wissenschaftlichen Anspruch der Lernenden genügen, z.B. in Form einer angemessenen Definition von Fachbegriffen und des Einbeziehens von Quellen zum Vertiefen der Inhalte.
- Inhaltssegmente sollten abschnittsweise zusammengefasst werden, um zur Selbstreflexion des Lernfortschritts anzuregen.

- Aufgaben sollten Instruktionen und Musterlösungen enthalten, um einen Erkenntnisfortschritt gewährleisten zu können.
- Usability der Plattform wird insbesondere durch erwartungskonforme und leicht verständliche Navigation und Strukturierung der Inhalte beeinflusst.

Unterforschungsfrage 3: Welche Faktoren beeinflussen die Akzeptanz von adaptivem E-Learning?

- Interaktionskonzept und Gestaltung der Benutzeroberfläche der Plattform sollte möglichst wenig kognitive Ressourcen der Lernenden in Anspruch nehmen.
- Adaptives System sollte dem Lernenden nicht das Gefühl der permanenten Beobachtung oder Überwachung vermitteln.
- Lernplattform sollte typischen Nutzungsgewohnheiten von E-Learning Angeboten der Zielgruppe entsprechen, z.B. Umsetzung als App für mobile Endgeräte oder Integration von kollaborativen sowie Gamification-Elementen.

5.4 Fokusgruppe mit Experten zur Evaluation der Lernplattform und zur Konzeption der Adaptationstechniken

Die qualitative Evaluation der Ausgangsversion von NanoTecLearn wurde von einer Expertenfokusgruppe komplettiert, die am 03.04.2018 stattfand. Diese Erhebung bildete somit den Abschluss der Anforderungserhebung hinsichtlich der Konzeption adaptiver Systemvarianten, die in Abschnitt 6.1 beschrieben werden. Das Untersuchungsdesign entsprach dem ersten Teil der Fokusgruppen mit Studierenden in Form einer leitfadenbasierten Gruppendiskussion (Krueger und Casey 2015) und die Diskussionsgrundlage bildete das in 5.3.1 bereits verwendete Dekompositionsmodell der Adaptation (Paramythis et al. 2010, S. 394). Da die User as Wizard Experimente zur Konzeption der Adaptationstechniken, die im Rahmen der Fokusgruppen mit Studierenden durchgeführt wurden, zum Zeitpunkt der Expertenfokusgruppe bereits ausgewertet waren, wurde dieser Bestandteil des Untersuchungsdesigns ausgespart. Die Experten sollten direkt anhand möglicher prototypisch umsetzbarer Adaptationstechniken diskutieren. Aufgrund der konzeptionellen Ähnlichkeit wird im Gegensatz zu Abschnitt 5.3 auf eine gesonderte Beschreibung des Untersuchungsdesigns verzichtet und es folgt anschließend direkt der Ablauf der Untersuchung.

5.4.1 Ablauf der Untersuchung

Die Expertenfokusgruppe fand mit drei Probanden zu Beginn des Sommersemesters 2018 statt und wurde analog zu den Fokusgruppen mit Studierenden im Usability Labor des Fachgebiets

Medienproduktion der Technischen Universität Ilmenau unter Verwendung der vorhandenen Technik zur Video- und Audioaufzeichnung durchgeführt. Bei den Probanden handelte es sich um an der Entwicklung der NanoTecLearn Plattform beteiligte Personen. Die Fokusgruppe wurde von zwei Moderatoren geleitet, wobei auf ein Beobachterprotokoll verzichtet wurde. Die Gruppendiskussion erfolgte ebenfalls mithilfe eines Leitfadens (siehe Anhang A4.1) und einer begleitenden Powerpoint-Präsentation. Mithilfe der Folien wurden das Dekompositionsmodell der Adaptation sowie NanoTecLearn und aus den Storyboards der User as Wizard Experimente abgeleitete Ideen für Adaptationstechniken vorgestellt. Die Fragestellungen waren identisch zu den Fokusgruppen mit Studierenden und zielten auf den Zeitpunkt, Inhalt und die Gestaltung der Adaptation sowie auf mögliche Einflussfaktoren der Akzeptanz von Systemanpassungen ab. Für die Gruppendiskussion, im Anschluss an die Vorstellung des Untersuchungsziels, waren ca. 45 Minuten vorgesehen.

Den Einstieg bildete eine Diskussion hinsichtlich möglicher Reaktionen der Lernplattform auf Motivationsveränderungen. Im Fokus der Untersuchung sollte die Überführung von NanoTecLearn in ein adaptives Lernsystem stehen. Die weiteren Schwerpunkte beinhalteten Fragen zur Anzahl und zum Zeitpunkt von Systemanpassungen. Darauf aufbauend wurde zudem über das Maß an Kontrolle des Benutzers hinsichtlich systemseitiger Adaptationen diskutiert.

5.4.2 Ergebnisse der Fokusgruppe mit Experten

Die Datenauswertung erfolgte analog zu den Fokusgruppen mit Studierenden mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring 2015) sowie einem aus dem Leitfaden und Transkript abgeleiteten Kategoriensystem (Kuckartz 2018). Als Grundlage diente die Software MAXQDA. Die in Abschnitt 5.3.3 festgelegten Transkriptionsregeln fanden auch für die Erstellung des Transkripts der Expertenfokusgruppe Anwendung. Das Transkript wurde mit nummerierten Zeilen und Zeitstempeln zum einfacheren Referenzieren versehen. Die Befragten wurden unter Berücksichtigung der Fokusgruppen mit Studierenden fortlaufend nummeriert, von „P20“ bis P22“ und die beiden Moderatoren erhielten die Kürzel „DL1“ und „DL2“.

Beschreibung der Stichprobe

Bei den drei Befragten der Expertenfokusgruppe handelte es sich um Beschäftigte des Fachgebiets Medienproduktion. Zwei Probanden waren für die Implementierung sowie die didaktische Konzeption und User Interface-Gestaltung der Lernplattform verantwortlich. Eine dritte Person brachte Expertise in Form der Beteiligung an der Konzeption einer Lern- und Informationsplattform zur beruflichen Bildung im öffentlichen Personenverkehr ein. Insgesamt war NanoTecLearn allen drei Befragten bekannt und eine angemessen differenzierte Perspektive war aufgrund der beruflichen Tätigkeiten gegeben, um Potenziale zur Weiterentwicklung der Lernplattform identifizieren zu können.

Kategoriensystem

Die sich aus dem Leitfaden ergebenden Hauptkategorien wurden auf Basis des Transkripts sowie der Zusammenfassung der Ergebnisse mit dazugehörigen Unterkategorien primär an den Inhalten der Diskussion ausgerichtet. Die erste Hauptkategorie bildete der NanoTecLearn Content an sich in Form der drei Wissenszugänge. Hinsichtlich der Optimierung der Lernplattform bildete eine nachfolgende Hauptkategorie die Umsetzung der Adaptation, wobei Überlegungen zur Machbarkeit und zum Aufwand der Implementierung berücksichtigt wurden. Die nachfolgenden beiden Hauptkategorien befassten sich mit verschiedenen Ansätzen zur konkreten Ausgestaltung von Systemanpassungen, die entsprechend der in Abschnitt 2.4 vorgestellten Taxonomie in inhaltsbasierte Adaptation und adaptive Navigationsunterstützung (Knutov et al. 2009) unterteilt wurden. Hinsichtlich möglicher Inhaltsanpassungen wurden Zusammenfassungen, Wissenstests sowie Vorwissensabfragen, Lernfortschrittskontrolle und Gamification auf Basis der Diskussionsergebnisse gebildet. Auf Seiten der Navigationsunterstützung wurden Vorschlagssysteme, geführte Instruktionen und pädagogische Assistenten diskutiert. Das Kategoriensystem wurde durch zwei Hauptkategorien vervollständigt, die sich zum einen mit der konkreten Anpassung auf Motivationsänderungen beschäftigte und zum anderen mit dem Kontrollempfinden auf Seiten der Benutzer.

Datenauswertung

Die Datenauswertung mit MAXQDA erfolgte analog zu den Fokusgruppen mit Studierenden auf Basis des Transkripts und des Kategoriensystems.

Hauptkategorie 1: NanoTecLearn Content

Die Befragten bestätigten, dass die Booklets für das vollständige Verständnis der Inhalte eine zwingende Voraussetzung waren und eine reine Fokussierung auf interaktive Elemente nicht ausreichen würde (Expertenfokusgruppe, Z. 166-168). Das effiziente Auffinden von Informationen stand bei der Konzeption der Lernplattform im Vordergrund (Expertenfokusgruppe, Z. 1393-1396). In frühen Entwicklungsstadien wurde eine Grobstrukturierung der Texte mit aufklappbaren Zusatzinhalten abgewogen, was bereits einer Form der inhaltsbasierten Adaptation entsprochen hätte (Expertenfokusgruppe, Z. 440-446). Hinsichtlich der interaktiven Elemente wurde angemerkt, dass diese den eigentlichen Mehrwert der Umsetzung darstellten und ursprünglich deutlich mehr Elemente geplant waren. Die Textabschnitte der Booklets sollten primär als Wissensbasis und Einstiegspunkt für spätere Interaktionen dienen (Expertenfokusgruppe, Z. 100-110). Als Gründe für die geringer ausgefallene Umsetzung wurden der enorme Implementierungsaufwand, besonders der interaktiven Formeln, sowie eine mangelnde Zuarbeit von Content, insbesondere für die Probenbetrachter, benannt (Expertenfokusgruppe Z. 185-188; Z. 516-519). Für die Optimierung der Plattform wurde

empfohlen, dass neue Elemente analog zu den Proben eine Grundfunktionalität besitzen sollten, die effizient für eine Vielzahl von Inhalten oder Anwendungsfällen angepasst werden könnte, anstelle der aufwändigen Einzelumsetzungen im Bereich interaktive Formeln (Expertenfokusgruppe, Z. 178-184).

Hauptkategorie 2: Umsetzung der Adaptation

Hinsichtlich der Machbarkeit der Umsetzung wurde auch in diesem Zusammenhang die möglichst einfache Erstellung von Inhalten oder die Nutzung externer Ressourcen benannt. Als Beispiel wurde die Webanwendung LearningApps erwähnt (Expertenfokusgruppe, Z. 171-175), die als Baukastensystem die Erstellung interaktiver Wissenstests ermöglicht (LearningApps 2020). Für eine zukünftige Ausweitung der Wissenszugänge Formel und Probe wurde zudem eine Auslagerung der Tätigkeit in eine Community diskutiert, die für die Pflege und Aktualisierung der Plattform verantwortlich sein könnte (Expertenfokusgruppe, Z. 1460-1462). Dem gegenüber wurden zum Thema Adaptation generelle Zweifel geäußert, inwiefern die Plattform in ihrer Ausgangsversion für eine möglichst kontinuierliche und feingranulare Anpassung aufgrund der Länge der Textabschnitte sowie der festgelegten Struktur der Plattform geeignet wäre (Expertenfokusgruppe, Z. 366-370). Es wurde diskutiert, wie bereits in den Fokusgruppen mit Studierenden (siehe Abschnitt 5.3.3) sowie in den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3) angedeutet, den Theorienteil in mehr Unterpunkte zu gliedern, um auf Motivationsänderungen zu reagieren. Dem wurde jedoch entgegengesetzt, dass damit das ursprüngliche inhaltliche Konzept verloren gehen könnte (Expertenfokusgruppe, Z. 375-377). Eine mögliche Kombination verschiedener Adaptationstechniken sollte nach Meinung der Befragten ebenfalls berücksichtigt werden, z.B. ein permanent zugänglicher Assistent in Kombination mit einem Vorschlagssystem (Expertenfokusgruppe, Z. 1468-1479).

Hauptkategorie 3: Inhaltsbasierte Adaptation

Als Möglichkeit wurde das Integrieren von Zusammenfassungen genannt, die besonders für Lernende mit wenig Vorwissen die Komplexität der Inhalte reduzieren könnten (Expertenfokusgruppe, Z. 590-596). Weiterhin sollte die Vernetzung der unterschiedlichen Wissenschwerpunkte der Lernplattform durch eine angemessene Gruppierung und Zusammenfassung der Inhalte erleichtert werden, wobei z.B. mit Schlagworten gearbeitet werden könnte (Expertenfokusgruppe, Z. 602-608). Lernende sollten nach Meinung der Befragten somit ein Überblickswissen über den Themenbereich der Lernplattform aufbauen. Das Anbieten von Zusammenfassungen wurde auch in den qualitativen Erhebungen mit Studierenden erwähnt.

Wissenstests sowie das Abfragen des domänen spezifischen Vorwissens wurden als weitere Möglichkeiten benannt. Eine einfache Erstellung, z.B. mithilfe der LearningApps-Webseite, wurde als geeignete Möglichkeit bezeichnet. Hinsichtlich dieses Aspekts wurde zudem angemerkt, dass die Abfrage des Vorwissens in frühen Entwicklungsstadien von NanoTecLearn als Einstieg in die Plattform

geplant war, um die Inhalte dementsprechend anzupassen (Expertenfokusgruppe, Z. 461-464). Die Idee wurde aufgrund des Entwicklungsaufwands jedoch verworfen. Sollten Wissenstests oder die Abfrage des Vorwissens implementiert werden, merkten die Befragten an, auf Eingabefelder möglichst zu verzichten, aufgrund des Auswertungsaufwands, z.B. in Form des Abgleichens der Eingaben mit Musterlösungen (Expertenfokusgruppe, Z. 636-644).

Eine Lernfortschrittskontrolle wurde ebenfalls diskutiert. Als Möglichkeiten wurden das Implementieren von Checkboxen zum Markieren bereits bearbeiteter Booklets sowie das Aufzeigen von Bearbeitungszeiten oder das Einblenden eines Fortschrittsbalkens benannt (Expertenfokusgruppe, Z. 801-807). Unabhängig von der Umsetzung wäre nach Meinung der Befragten ein angemessenes Feedback der Plattform zum aktuellen Stand der Bearbeitung und zum Lernfortschritt ein entscheidendes Kriterium (Expertenfokusgruppe, Z. 139-142). Der Aspekt der Gamification wurde in Form des Erwerbs von Abzeichen für erfolgreich absolvierte Booklets in Kombination mit der Lernfortschrittsanzeige diskutiert (Expertenfokusgruppe, Z. 846-852). Insgesamt zeigte sich hinsichtlich der besprochenen Ansätze eine weitgehende Übereinstimmung mit Vorschlägen, die bereits in den Fokusgruppen mit Studierenden und den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3) genannt wurden.

Hauptkategorie 4: Adaptive Navigationsunterstützung

Zum Themenschwerpunkt Vorschlagssystem wurde angemerkt, die Benutzer nicht aufgrund zu häufiger und wenig nachvollziehbarer Wechsel der Wissensvermittlung zu überfordern (Expertenfokusgruppe, Z. 258-264). Der Abschnitt Orientierung der Booklets wurde als eine Art Vorstufe eines solchen Ansatzes benannt, da darin bereits die erwarteten Inhalte des Kapitels aufgezeigt wurden (Expertenfokusgruppe, Z. 695-698). Als Vorbedingung für das Anbringen von Vorschlägen wurde unter Berücksichtigung des Lernfortschritt-Aspekts eine Markierung bereits bearbeiteter Abschnitte diskutiert (Expertenfokusgruppe, Z. 789-795). Das System könnte zudem alternative Lernpfade durch ein Booklet vorschlagen (Expertenfokusgruppe, Z. 266-274). Insgesamt sollte die Annotation von Vorschlägen nicht zu dezent und unverbindlich geschehen, da nach Meinung der Befragten diese sonst ignoriert oder übersehen werden könnten (Expertenfokusgruppe, Z. 1083-1088). Darüber hinaus sollten zusätzliche Elemente zur Visualisierung der Adaptation konform zum Styleguide der Lernplattform sein.

Hinsichtlich einer stärker geführten Instruktion wurde kritisch angemerkt, dass die Förderung des selbstregulierten Lernens durch die permanent erreichbaren Wissenzugänge von NanoTecLearn nicht beeinträchtigt werden sollte. Sollten Abschnitte aufgrund der motivationsbasierten Adaptation übersprungen werden, sollte zudem eine transparente Begründung geliefert werden (Expertenfokusgruppe, Z. 982-990). Der Anpassungsvorgang sollte demnach angemessen beschrieben werden. Dieser Auffassung gegenüber standen jedoch auch Meinungen, dass eine Überforderung

durch die Vielzahl an Inhalten, insbesondere von Benutzern mit geringem Vorwissen, durch eine stärkere plattformseitige Benutzerführung vermieden werden könnte. Nach Meinung der Befragten wäre somit ein geringeres Risiko gegeben, dass Lernende für das Verständnis wichtige Teile unbeabsichtigt überspringen (Expertenfokusgruppe, Z. 767-772). Diese Vorzüge wurden auch in den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 von Probanden mit wenig Vorwissen angemerkt.

Als letzte Variante der Navigationsunterstützung wurde die Implementierung eines Assistenten in Form eines pädagogischen Agenten (Domagk 2008) diskutiert. Diese Variante wurde als sehr konform zum selbstregulierten Ansatz der Plattform bezeichnet, da das Assistenzsystem permanent abrufbar für den Benutzer wäre, auf Wunsch jedoch auch ignoriert werden könnte (Expertenfokusgruppe, Z. 1023-1028). Als Möglichkeit wurde eine Vorschlagsliste genannt, die je nach Benutzeranforderungen zu passenden Inhalten verlinkt. In diesem Fall sollte jedoch eine Redundanz zum Glossar der Plattform vermieden werden, das bereits eine Liste der enthaltenen und verlinkten Fachbegriffe enthielt (Expertenfokusgruppe, Z. 1153-1162). Hinsichtlich der Umsetzung und Integration in das bestehende System wurden jedoch Zweifel geäußert, ebenso zur allgemeinen Akzeptanz einer solchen Systemkomponente.

Hauptkategorie 5: Anpassung an Motivationsänderungen

Die langen Textabschnitte wurden aus Sicht der Lernmotivation als problematisch angesehen. Interaktive Elemente wurden als Möglichkeit genannt, dem Absinken der Lernmotivation entgegenzuwirken (Expertenfokusgruppe, Z. 561-568). Der Theorieabschnitt könnte in kleinere Informationseinheiten zerlegt werden, um auf Veränderungen reagieren zu können. Dahingehend wurde zudem angemerkt, dass die Bearbeitungszeit der Abschnitte der Plattform stark variierte und eine Abfrage der Lernmotivation nach jedem Abschnitt womöglich wenig zielführend wäre. Als Beispiel wurde der deutlich kürzere Orientierungsabschnitt im Vergleich zur Theorie genannt (Expertenfokusgruppe, Z. 547-551). Systemtransparenz war hinsichtlich der Adaptation nach Meinung der Befragten von Bedeutung, da eine Reaktion oder Anpassung den Benutzern klar kommuniziert und begründet werden sollte (Expertenfokusgruppe, Z. 734-740). Es wurde zudem diskutiert, den aktuellen Wissensstand mit der Lernmotivation zu verknüpfen, z.B. in Form des Anzeigens vertiefender Inhalte lediglich bei hoher aktuell wirksamer Motivation (Expertenfokusgruppe, Z. 410-417).

Hauptkategorie 6: Kontrollempfinden

Hinsichtlich des Kontrollempfindens sollte nach Aussage der Befragten der Plattformansatz, den Benutzern jederzeit volle Kontrolle über die Wahl der Wissenszugänge und Booklets zu geben, erhalten bleiben (Expertenfokusgruppe, Z. 219-226). Aus Sicht der Benutzerfreundlichkeit wurde angemerkt, dass permanente Kontrolle und Wahlfreiheit wichtige Akzeptanzfaktoren darstellten und Anpassungen stets nachvollziehbar erfolgen sollten (Expertenfokusgruppe, Z. 752.756). Dahingehend

wurde das Aufzeigen von Vorschlägen bevorzugt, um eine Orientierung für empfohlene Inhalte darzustellen und dennoch die Entscheidungshoheit des Benutzers zu erhalten (Expertenfokusgruppe, Z. 1451-1453).

Kritische Würdigung der Ergebnisse und Methode

Die Expertenfokusgruppe konnte zahlreiche Einsichten, insbesondere in die Entwicklungshistorie und Design- sowie Implementierungsentscheidungen, liefern und erwies sich somit als gute Ergänzung zur Studierendenperspektive der übrigen Studien. Das Vorwissen erschwerte jedoch ein freies Brainstorming hinsichtlich der Umsetzung von Adaptationstechniken, da oftmals die Limitationen der Lernplattform einbezogen wurden. Darüber hinaus machte sich eine mangelnde Expertise im Bereich der Implementierung adaptiver Systeme bemerkbar, da eine eher geringe Vertrautheit mit geeigneten Techniken angemerkt wurde (Expertenfokusgruppe, Z. 1357-1358). Überlegungen zu Anpassungen auf Motivationsveränderungen waren für die Befragten ebenfalls schwierig, da besonders bei möglichen Inhaltsanpassungen meist die Wissenskomponente oder der Lernfortschritt in den Fokus gerückt wurden. Dieses Problem trat bereits bei den User as Wizard Experimenten der Fokusgruppen mit Studierenden auf (siehe Abschnitt 5.3.3). Die weit fortgeschrittene Entwicklung der Lernplattform stellte in den qualitativen Erhebungen insgesamt ein Hindernis dar, da eine nachträgliche Erweiterung des bestehenden Systems zahlreiche Randbedingungen berücksichtigen müsste, z.B. den Styleguide oder das didaktische Konzept der Plattform.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Erkenntnisse der Expertenfokusgruppe werden nachfolgend entsprechend der allgemeinen Optimierungspotenziale der Lernplattform sowie der Integration adaptiver Systemkomponenten zusammengefasst:

Allgemeine Optimierungspotenziale von NanoTecLearn

- Textabschnitte sollten weiterhin die inhaltliche Basis und Hauptinformationsquelle darstellen.
- Zerlegung der Theorieabschnitte zur besseren Erfassung der Lernmotivation abwägen.
- Zusammenfassungen, Wissenstests und Lernfortschrittsrückmeldungen als sinnvolle Ergänzungen der Inhalte von NanoTecLearn.

Integration adaptiver Systemkomponenten

- Systemanpassungen möglichst transparent und nachvollziehbar sowie ohne Beeinträchtigung des Schwerpunkts der Selbstregulation oder Wahlfreiheit der Inhalte gestalten.
- Vorschlagssystem als Möglichkeit, das Konzept von NanoTecLearn weitgehend zu erhalten und dennoch Empfehlungen für passende Nachfolgeinhalte zu geben.

- Annotationen als Kompromiss aus Sichtbarkeit, Verbindlichkeit und Unaufdringlichkeit umsetzen.
- Geführte Instruktion insbesondere für Lernende mit geringem Vorwissen, um Überforderung durch Vielzahl an Themen und Fachbegriffen zu vermeiden.
- Permanent abrufbares Assistenzsystem mit Vorschlagsliste als Möglichkeit, selbstreguliertes Lernen mit der Plattform noch effizienter zu fördern.
- Verweis auf interaktive Elemente bei Sinken der Motivation in Textabschnitten, jedoch unter Berücksichtigung der benötigten Grundkenntnisse.
- Unterschiede in der Bearbeitungszeit der Bookletabschnitte bei Konzeption der Abfragezeitpunkte der aktuellen Motivation berücksichtigen.
- Kontrollempfinden der Benutzer über die Plattform als wichtige Determinante der Systemakzeptanz beachten.

6 Zweite Phase des Untersuchungsdesigns: Implementierung und vergleichende Evaluation von Adaptationstechniken

Die Überführung von NanoTecLearn in ein adaptives Lernsystem war Schwerpunkt der zweiten Phase des in Abschnitt 4.4 beschriebenen Untersuchungsdesigns. Die Ergebnisse der qualitativen Erhebungen (siehe Abschnitte 5.3 und 5.4) sowie der Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1) dienten in Verbindung mit der Aufarbeitung der Grundlagen zu adaptivem E-Learning (siehe Kapitel 2) als Ausgangspunkt der prototypischen Implementierung adaptiver Systemvarianten, die in Abschnitt 6.1 beschrieben werden. Eine notwendige Voraussetzung stellte dahingehend die Konzeption des motivationsbasierten Adaptationsmechanismus der Lernplattform dar. Die Evaluation von drei resultierenden adaptiven Plattformversionen im Vergleich mit einer nicht-adaptiven Kontrollgruppenversion bildete den Schwerpunkt einer in Abschnitt 6.2 beschriebenen Vergleichsstudie. Die Auswertung orientierte sich an den in Tabelle 3 in Abschnitt 4.2 formulierten Forschungsfragen und Hypothesen.

6.1 Konzeption und Umsetzung der Adaptationstechniken

6.1.1 Konzeption der motivationsbasierten Adaptation

Identifikation von Motivationsindikatoren zur Selbsteinschätzung der aktuellen Motivation

Einen wichtigen Ansatzpunkt für die Festlegung auf geeignete Motivationsindikatoren zur kontinuierlichen Abfrage von Seiten des Systems bildeten neben den Faktoren der aktuellen Motivation des operationalisierten Prozessmodells (siehe Abschnitt 5.1.1) die qualitativen Erhebungen in Form der Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3) sowie der Ergebnisse der Fokusgruppen (siehe Abschnitte 5.3 und 5.4). Als zentrale Erkenntnis hinsichtlich der Motivationsmessung wurde die Verwendung von plattformseitigen Selbsteinschätzungen als Grundlage zur Umsetzung adaptiver Systemvarianten benannt. Eine kontinuierliche Erfassung über physiologische oder verhaltensbasierte Daten wurde von den Studierenden in den Fokusgruppen aufgrund des Gefühls der Beobachtung eher abgelehnt. In der Expertenfokusgruppe wurde zudem der Implementierungsaufwand als wichtige Limitation erwähnt.

In den Fokusgruppen wurde aus motivationaler Sicht die Bedeutsamkeit von Lernzielen diskutiert. Ziele werden in der Literatur als verhaltenssteuerndes Konstrukt aufgefasst, wobei zwischen Orientierungen hinsichtlich des eigenen Kompetenzzuwachs oder des Vergleichs der eigenen Leistung mit Anderen sowie zwischen Annäherungs- und Vermeidungskomponenten unterschieden wird (Nicholls 1984; Dweck und Leggett 1988). Die Zielorientierung wird zumeist den Trait-Maßen zugeordnet und als weniger geeignet für eine kontinuierliche, wiederholende Messung beschrieben (Vollmeyer und

Rheinberg 2003, S. 293). Eine Erfassung von Zielorientierungen wäre z.B. über den Achievement Goal Questionnaire (Elliot und McGregor 2001) möglich, der mit einem Umfang von 12 Items für eine kontinuierliche Messung jedoch eine zu große Unterbrechung des Lernprozesses darstellen würde. Auf eine Berücksichtigung der Zielorientierung wurde daher verzichtet, um die Selbstabfrage möglichst kurz zu halten. Darüber hinaus wurden zwischen Zielorientierung und aktueller Motivation von Bachmann lediglich geringe Zusammenhänge nachgewiesen (Bachmann 2009, S. 107). Da es sich bei den durchgeführten Laborstudien jeweils um Einzeluntersuchungen handelte, war zudem innerhalb des stark begrenzten Zeitraums der Bearbeitung eines Booklets nicht von einer Veränderung der individuellen Zielsetzung auszugehen.

Weitere Motivationsindikatoren, die in den qualitativen Erhebungen von Kapitel 5 benannt wurden, waren das situative Interesse und die Erfolgzuversicht. Diese Aspekte spiegelten sich auch in der Abfrage der aktuellen Motivation im Rahmen der Motivationsstudie 1 und des operationalisierten Prozessmodells (siehe Abschnitt 5.1.1) wider. Zur Erfassung beider Indikatoren mittels Selbsteinschätzungen wurde eine zur State-Messung der aktuellen Motivation gekürzte und angepasste Version des FAM (Vollmeyer und Rheinberg 2003, S. 292) als Erhebungsmöglichkeit identifiziert. Die Zuversicht des Findens einer korrekten Aufgabenlösung sowie die affektive Komponente Aufgabenfreude standen dabei im Vordergrund. Die Passfähigkeit beider Motivationsindikatoren sowie die für eine kontinuierliche Messung geeignete Erfassung über lediglich zwei Items diente als Entscheidungsgrundlage und resultierte in der plattformseitigen Umsetzung der Selbsteinschätzung der aktuellen Motivation.

Plattformseitige Umsetzung der motivationsbasierten Selbsteinschätzung

Zur Erfassung der Motivationsindikatoren wurde in Anlehnung an die State-Messung der gekürzten FAM-Version jeweils ein Item mit dreistufiger Antwortskala formuliert, das wiederholt abgefragt werden sollte und dessen Antworten Auswirkungen auf nachfolgende Systemanpassungen haben sollten. Abbildung 48 zeigt das resultierende User Interface-Element, das in dieser Form in die Plattformversionen integriert wurde.

	Stimme nicht zu	Teils/Teils	Stimme zu
Die Inhalte des aktuellen Abschnitts haben mich interessiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich fühle mich den Inhalten und/oder Aufgaben gewachsen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bestätigen

Abbildung 48: User Interface-Element zur Einschätzung der aktuellen Motivation in NanoTecLearn

Hinsichtlich der Häufigkeit der Abfrage wurden Vorschläge, die insbesondere von den Studierenden im Rahmen der Fokusgruppen (siehe Abschnitt 5.3.3) und Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3) genannt wurden, berücksichtigt. Diese legten eine Abfrage nach den Abschnitten der Booklets sowie eine stärkere Untergliederung des als zu lang empfundenen Theorieteils nahe. Dem gegenüber standen Anmerkungen von Seiten der Experten, die ein Erhalten der Grundstruktur und der inhaltlichen Konzeption der Plattform sowie den Implementierungsaufwand einer gänzlichen Neustrukturierung kritisch anmerkten (siehe Abschnitt 5.4.2). Einen Lösungsansatz und möglichen Kompromiss lieferte die Erhebung des emotionalen Befindens im Rahmen der Motivationsstudie 1. Die Messung erfolgte in dieser Laborstudie abschnittsbeziehungsweise inhaltsbasiert und nicht nach definierten Zeitpunkten. Die Abfrage der beiden Motivationsindikatoren sollte daher für die prototypische Umsetzung der adaptiven Systemvarianten ebenfalls nach jedem Abschnitt eines Booklets in NanoTecLearn erfolgen. Das User Interface-Element zur Selbsteinschätzung wurde jeweils am Ende der Bookletabschnitte eingefügt, wobei der Benutzer, wie Abbildung 48 zu entnehmen, die Einschätzung jeweils vornahm und daraufhin bestätigte. Danach folgten je nach Plattformversion ein spezifischer Benutzerdialog und dazugehörige Systemreaktionen. Entsprechend der typischen Bestandteile adaptiver E-Learning Systeme (siehe Abschnitt 2.3) handelte es sich bei den Motivationsindikatoren um das Benutzermodell (siehe Abschnitt 2.3.2), das pro Abschnitt für das situative Interesse und die Erfolgzuversicht ermittelt wurde. Das Domänenmodell (siehe Abschnitt 2.3.1) war durch die Strukturierung der Plattform in Booklets und Abschnitte bereits gegeben.

Identifikation geeigneter Adaptationstechniken

Nach der Auswahl der Motivationsindikatoren und der Platzierung der Abfrage in NanoTecLearn wurde eine passende systemseitige Entscheidungslogik in der Plattform hinterlegt, entsprechend derer Reaktionen erfolgen konnten. Dies diente als Adaptationsmodell (siehe Abschnitt 2.3.3) im Sinne der Verbindung von Benutzer- und Domänenmodell. Als Vorarbeit der Umsetzung von Adaptationstechniken erfolgte die Abwägung zwischen einer Adaptation des Inhalts oder der Navigationsunterstützung. Mögliche Inhaltsanpassungen, die im Rahmen der qualitativen Evaluation genannt wurden, waren das Einbinden von Zusammenfassungen, Lernfortschrittsanzeigen, studiengangsspezifische Praxisbeispiele oder abschnittsweise Aufgaben mit Lösungen. Diese Anpassungen wurden jedoch zumeist ohne die Berücksichtigung der Lernmotivation genannt. Dem gegenüber stand die ebenfalls häufig erwähnte verbesserungswürdige Navigation und Benutzerführung der Ausgangsversion von NanoTecLearn (siehe Abschnitt 5.3.3). In diesem Zusammenhang wurden insbesondere in der Expertenfokusgruppe (siehe Abschnitt 5.4.2) die Implementierung eines Vorschlagssystems oder eines Assistenten benannt, um das selbstregulierte Grundkonzept sowie die permanente Wahlfreiheit zu erhalten. Darüber hinaus wurden in dieser

Befragung sowie von Studierenden mit geringem Vorwissen in den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3) Möglichkeiten einer stärker geführten Instruktion abgewogen, um eine bessere Orientierung im komplexen Thema der Plattform zu ermöglichen. Auf Basis dieser Überlegungen sowie unter Berücksichtigung der Machbarkeitsabschätzungen wurde die Implementierung von Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung (siehe Abschnitt 2.4.2) als Ansatzpunkt der Adaptation gewählt. Dahingehend erfolgte der Fokus auf lokale Navigation, das heißt Verlinkungen innerhalb des Systems oder innerhalb der Booklets. Die Anpassung der Inhaltspräsentation im Sinne des Angebots gleicher Inhalte über unterschiedliche mediale Darstellungen war über die drei Wissenszugänge von NanoTecLearn bereits in einfacher Form gegeben. Genannte Vorschläge hinsichtlich inhaltlicher Anpassungen wurden jedoch für die allgemeine Optimierung der Plattform berücksichtigt.

Die Selbsteinschätzung der beiden Motivationsindikatoren führte somit zu Anpassungen der Benutzerführung. Diese Adaptation wurde plattformseitig mithilfe einer Entscheidungstabelle hinterlegt, die für jede Kombination der beiden Indikatoren und für jedes Booklet sowie die dazugehörigen Abschnitte einen empfohlenen Nachfolgeabschnitt enthielt. Dies stellte ein einfaches Adaptionsmodell (siehe Abschnitt 2.3.3) dar, bei dem die über das Benutzermodell erfassten Selbsteinschätzungen mit dem aktuellen Abschnitt und somit dem Domänenmodell in Verbindung gebracht und geeignete Reaktionen hinterlegt wurden. Zur Reduktion der Komplexität wurde festgelegt, dass Eingriffe in die Benutzerführung nur vorgenommen wurden, wenn mindestens einer der beiden Motivationsindikatoren negativ ausgeprägt war (Selbsteinschätzung „Stimme nicht zu“). Falls die beiden Items positiv und/oder neutral eingeschätzt wurden, folgte ein sequenzielles Durchlaufen der Booklets entsprechend der vorgesehenen Reihenfolge der Lernplattform. Dieser Ansatz griff zudem Anmerkungen der qualitativen Erhebungen auf, nach denen die Benutzer nicht mit zu vielen Anpassungen überfordert werden sollten (Vermeidung von Orientierungslosigkeit) und nach denen Benutzer bei konstanter Lernmotivation keine zusätzlichen Adaptationen benötigen würden (Vermeidung unnötiger Systemeingriffe).

Plattformseitige Umsetzung der motivationsbasierten Adaptation

Bei der Konzeption der Entscheidungstabelle wurden die Ergebnisse der Storyboards der Fokusgruppen mit Studierenden sowie die Vorschläge der Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 berücksichtigt. Bei einem Absinken der Motivation in textlastigen Abschnitten wurde z.B. gezielt auf interaktive Elemente verlinkt, um Inhalte mithilfe eines anderen Wissenszugangs der Plattform zu vermitteln. Bei Motivationseinbrüchen in der Orientierung sollte mit einer Verlinkung zum Abschnitt Anwendung eine Verdeutlichung der Relevanz des Booklets erzielt werden. Bei einem Absinken der Motivation nach dem Bearbeiten interaktiver Elemente wurde auf die Theorie verlinkt, um relevante Grundlagen für das Verständnis der Inhalte nochmals zu wiederholen. Für jedes Booklet existierte eine

spezifische ID, wobei die Abschnitte jeweils von eins bis sechs fortlaufend nummeriert wurden. Die drei Antwortstufen der beiden Motivationsindikatoren wurden mit „+“, „=“ und „-“ codiert und das Ziel der Auswirkung der Selbsteinschätzung wurde mithilfe der IDs und Abschnittsziffern codiert. Zum Abschluss eines spezifischen Booklets wurde zudem ein Wechsel zwischen den Kapiteln der Plattform implementiert.

Als Voraussetzung der adaptiven Navigationsunterstützung wurden die Booklets von NanoTecLearn in eine festgelegte Reihenfolge überführt. Dies erfolgte unter Einbeziehung der vier inhaltlichen Kategorien der Fachlandkarte der Plattform (siehe Abbildung 24 in Abschnitt 4.3) sowie mithilfe der Einschätzung der Verantwortlichen des Fachgebiets Mikromechanische Systeme der Technischen Universität Ilmenau. Die Modellierung der Reihenfolge orientierte sich an einer linearen Erzählstruktur in Form eines String of Pearls-Modells (Schell 2016, S. 343) und sollte bei einer kompletten Bearbeitung der Plattform eine schlüssige Reihenfolge mit optimal aufeinander aufbauendem Vorwissen ermöglichen. Abbildung 77 in Anhang A5.1 zeigt die Anpassung der Reihenfolge der Booklets innerhalb der umgesetzten Plattformversionen. Aufgrund der kontinuierlichen Erfassung der Motivationsindikatoren und nachfolgenden Anpassung der Instruktion entsprachen die adaptiven Systemvarianten somit dem mikroadaptiven Ansatz (siehe Abschnitt 2.2.4). Motivation und Emotion wurden in der Literatur als mögliche geeignete variable Parameter für diese Art der dynamischen Anpassung identifiziert (Ennouamani und Mahani 2017, S. 344).

6.1.2 Umsetzung der Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung

Nach Abschluss der Konzeption des motivationsbasierten Adaptationsmechanismus und der dazugehörigen Festlegung auf Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung wurden geeignete Techniken identifiziert und implementiert. Da die in Abschnitt 6.2 folgende Vergleichsstudie die adaptiven Versionen gegen eine nicht-adaptive Kontrollgruppenversion testen sollte, erfolgte zunächst die Anpassung der Ausgangsversion von NanoTecLearn.

Überarbeitung der nicht-adaptiven Plattformversion

Der nicht-adaptiven Ausgangsversion von NanoTecLearn wurde für einen späteren Vergleich der Motivationsverläufe das in Abbildung 48 dargestellte User Interface-Element zur Abfrage des Interesses und der Erfolgzuversicht hinzugefügt. Systemanpassungen fanden bei dieser Version nach der Selbsteinschätzung nicht statt. Nach Klick auf den „Bestätigen“-Button des User Interface-Elements wurde lediglich die Anweisung „Vielen Dank! Sie können jetzt weiterarbeiten.“ gezeigt. Im Abschnitt Orientierung wurde zudem der Wunsch nach Transparenz, der in sämtlichen Fokusgruppen geäußert wurde, aufgegriffen und ein entsprechender kurzer Abschnitt zur Beschreibung der Notwendigkeit der Einschätzung eingefügt. Als Voraussetzung für die Durchführung der Vergleichsstudie wurden jeder

Version spezifische Probandennummern zugewiesen. Für die Kontrollgruppenversion waren dies die Nummern von 100 bis 199. Darüber hinaus wurde ein „Abmelden“-Button integriert sowie ein „Log“-Button, der ein Logfile in Form einer Textdatei erzeugte. Die Logfiles sollten für alle implementierten Versionen als Möglichkeit dienen, die Motivationseinschätzungen, die Bearbeitungszeiten und den Pfad der Benutzer durch die Abschnitte der Booklets nachvollziehen zu können.

Ergänzend wurden allgemeine Anpassungen vorgenommen, die ebenfalls für alle Plattformversionen Gültigkeit besaßen. Entsprechend der Forderungen der Studierenden in der ersten Phase des Untersuchungsdesigns wurde ein systeminterner „Zurück“-Button eingefügt. Im Abschnitt Reflexion wurden für die Wiederholungsfragen passende Antworten implementiert, die über ein entsprechendes User Interface-Element abrufbar waren. Abbildung 49 zeigt den dazugehörigen Bildschirmausschnitt und die Antwort-Elemente. Im linken oberen Bereich sind zudem die neu integrierten Buttons zu erkennen.

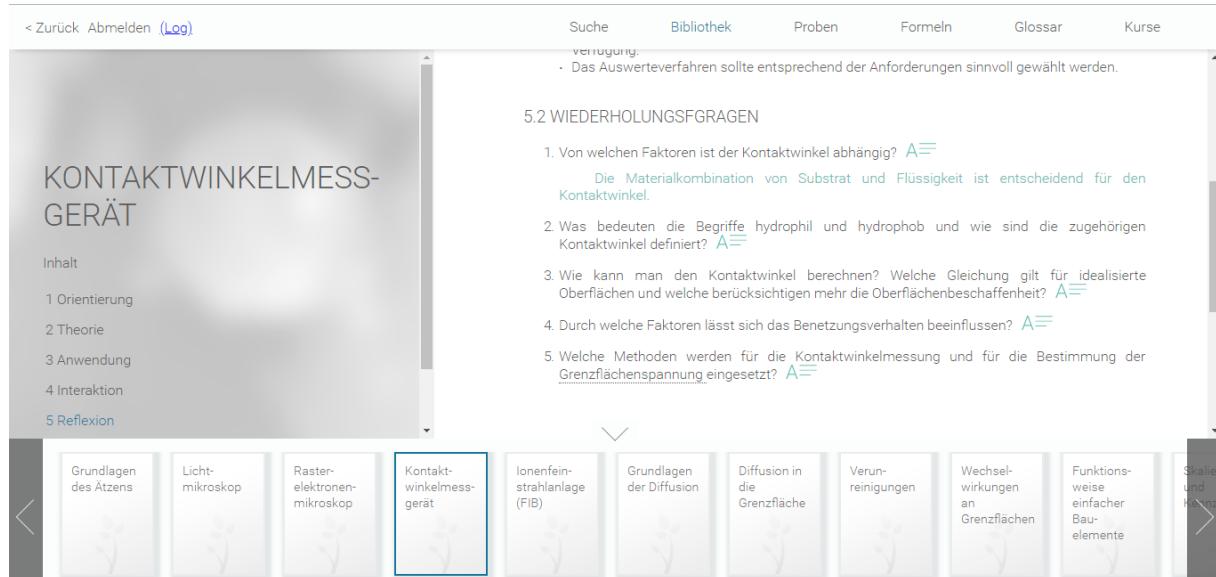


Abbildung 49: User Interface-Element zum Einblenden von Antworten im Abschnitt Reflexion (eigener Screenshot)

Aus Zeitgründen wurde die Umsetzung zusätzlicher interaktiver Quiz im Reflexionsteil, das Einbinden von Lernvideos im Theorieteil und das Einblenden von Lösungen in den interaktiven Wissenszugängen auf die Implementierung des finalen AEHS zum Wintersemester 2018/19 verschoben (siehe Abschnitt 7.1). Vor der Durchführung der Adaptationstechniken Vergleichsstudie wurden die Texte der für die Tests verwendeten Kapitel nochmals von Fachverantwortlichen geprüft und letzte Fehler korrigiert.

Identifikation von geeigneten Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung

Vor der Implementierung geeigneter Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung wurden vorab mögliche Unterscheidungsdimensionen auf Basis der qualitativen Evaluation von NanoTecLearn in Kapitel 5 identifiziert. Ein Aspekt, der insbesondere im Rahmen der Expertenfokusgruppe (siehe Abschnitt 5.4.2) benannt wurde, war das Kontrollempfinden auf Seiten der Benutzer hinsichtlich der

Entscheidungshoheit über das Befolgen von Vorschlägen. Es wurde zwischen Vorschlagssystemen zur Förderung des selbstregulierten Lernens sowie geführter Instruktion für Lernende mit geringem Vorwissen abgewogen. Weiterhin wurde die Implementierung eines pädagogischen Assistenten diskutiert. Es würde sich demnach eine Unterscheidung von Versionen mit hohem und geringem Kontrollempfinden sowie Freiheitsgraden hinsichtlich der Navigation innerhalb der Abschnitte von NanoTecLearn ergeben. Entsprechend der Taxonomie von Knutov et al. sowie der Arbeiten von Brusilovsky zum Thema adaptive Navigationsunterstützung konnten für die geführte Instruktion Guidance-Techniken in Form der Direct Guidance und für Vorschlagssysteme die Link Annotation identifiziert werden (Knutov et al. 2009; Brusilovsky 2007). Diese beiden Adaptationstechniken wurden letztendlich als adaptive NanoTecLearn Versionen implementiert, ergänzt um eine dritte Technik in Form eines pädagogischen Agenten (Domagk 2008):

- Link Annotation – Vorschlagssystem mit mittlerem Kontrollempfinden und mittleren Freiheitsgraden für die Lernenden, das motivational wirksame Folgeabschnitte hervorhebt.
- Direct Guidance – Instruktionssystem mit geringem Kontrollempfinden und geringen Freiheitsgraden für die Lernenden, das den motivational optimalen Pfad durch die Lerninhalte vorgibt.
- Agent – Assistenzsystem mit hohem Kontrollempfinden und hohen Freiheitsgraden für die Lernenden, das motivational wirksame Zusatzinhalte anbietet.

Für alle drei adaptiven Plattformversionen wurden in Vorbereitung der Implementierung einfache Storyboards zur Visualisierung der Systemanpassungen erstellt.

Adaptive Systemversion 1: Link Annotation

Die Link Annotation-Technik wurde für die adaptive NanoTecLearn Plattformversion in Form visueller Elemente zum Hervorheben spezifischer Nachfolgeabschnitte umgesetzt. Der Benutzer hatte dabei die freie Wahl, diesen Annotationen zu folgen (Knutov et al. 2009, S. 27–28). Der in den Fokusgruppen angesprochene Aspekt eines Vorschlagssystems war somit gegeben. Das Hervorheben bezog sich auf Verlinkungen innerhalb des adaptiven Systems. Im Kontext von NanoTecLearn fiel die Wahl auf eine Annotation des unter motivationalen Gesichtspunkten geeigneten Nachfolgeabschnitts. Im Gegensatz zur nicht-adaptiven Version wurde nach Abgabe der Selbsteinschätzung eine andere Instruktion verwendet: „Vielen Dank! Es wurden Empfehlungen für Sie hervorgehoben.“. Abbildung 50 zeigt die resultierende Benutzeroberfläche. Die Empfehlung wurde als dezenter Hinweis in Form eines kleinen farbigen Balkens neben dem empfohlenen Nachfolgeabschnitt umgesetzt. Es wurden somit Anmerkungen der qualitativen Erhebungen berücksichtigt, nach denen die Systemreaktion nicht zu aufdringlich erfolgen sollte und die Aufmerksamkeit nicht unnötig vom eigentlichen Plattforminhalt gelenkt werden sollte. Der Benutzer hatte daraufhin die freie Wahl, den Empfehlungen zu folgen oder

nach eigenem Belieben fortzufahren. Im Abschnitt Orientierung wurden eine kurze Erklärung der Motivationseinschätzung und des Vorschlagsmechanismus integriert. Die zugehörigen Probandennummern der Link Annotation-Variante umfassten den Bereich 200 bis 299. Die vollständige Entscheidungstabelle, die die empfohlenen Verlinkungen enthielt und somit das entwickelte Adaptationsmodell, war für die Link Annotation- und Direct Guidance-Versionen identisch.

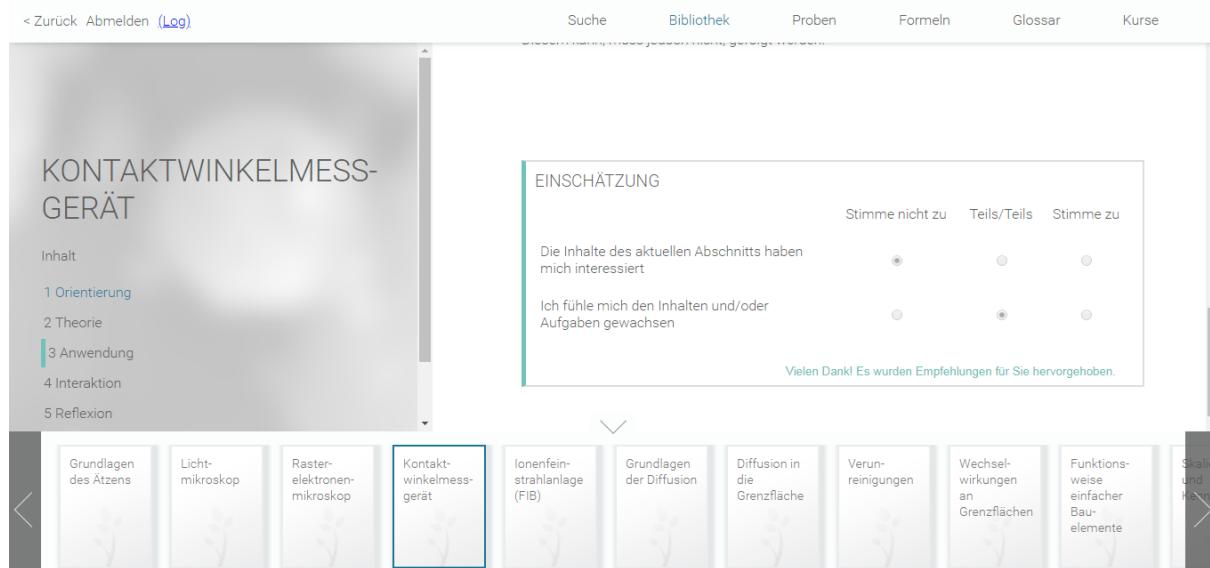


Abbildung 50: Visualisierung der Adaptation mithilfe der Adaptationstechnik Link Annotation (eigener Screenshot)

Adaptive Systemversion 2: Direct Guidance

Guidance-Techniken bildeten hinsichtlich der Benutzerkontrolle das Gegenstück zu Vorschlagstechniken, wie der Link Annotation. Brusilovsky bezeichnete z.B. Direct Guidance als einfachste Möglichkeit, adaptive Navigationsunterstützung zu implementieren, indem der passendste Link auf Basis systemseitig erfasster Benutzercharakteristiken aufgezeigt und angesteuert wird (Brusilovsky 2007, S. 264–265). Die in NanoTecLearn umgesetzte Technik ermöglichte somit das Aufzeigen eines unter motivationalen Gesichtspunkten als optimal identifizierten Lernpfads. Der Benutzer wurde gezwungen, einem systemseitig definierten Link zu einem Nachfolgeabschnitt zu folgen (Knutov et al. 2009, S. 27). Der selbstregulierte Ansatz der Plattform wurde bei dieser Version zugunsten der geführten Instruktion aufgegeben, indem das Ansteuern der Navigationsebenen der Lernplattform deaktiviert wurde. Nach Lesen der Erläuterung der Technik im Abschnitt Orientierung und der dazugehörigen Selbsteinschätzung der aktuellen Motivation folgte der Texthinweis „Vielen Dank! Es geht weiter mit dem Abschnitt X.“. Abbildung 51 zeigt die Visualisierung der Benutzeroberfläche der Direct Guidance Version. Ein zusätzlicher Hinweis in Form eines farbigen Elements war für diese Version im Gegensatz zur Link Annotation nicht vorgesehen. Nach Mausklick auf den Texthinweis gelangte der Benutzer zum entsprechenden Abschnitt. Ein Ansteuern anderer

Abschnitte, Booklets oder Wissenszugänge war nicht möglich. Die Probandennummern der Direct Guidance Plattformversion umfassten den Bereich 300 bis 399.

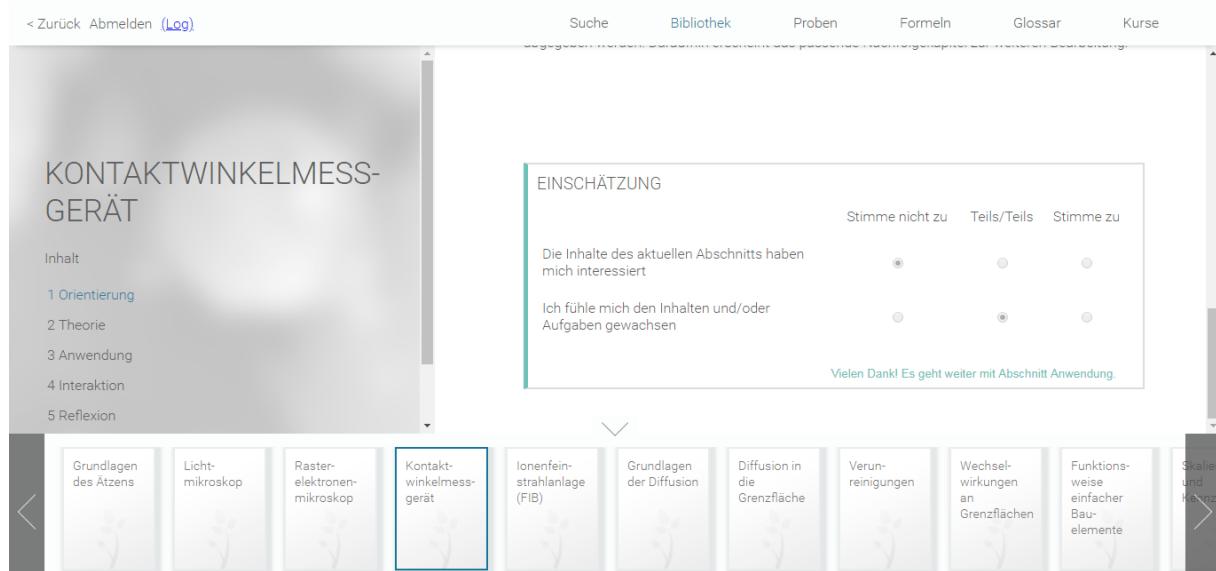


Abbildung 51: Visualisierung der Adaptation mithilfe der Adaptationstechnik Direct Guidance (eigener Screenshot)

Adaptive Systemversion 3: Agent

Diese Version sollte eine direktere Benutzeransprache in Form einer einfachen Interaktion mit einem User Interface-Element darstellen, indem ein menschlicher Tutor oder Lehrender durch eine virtuelle Figur abstrahiert wurde (Heidig und Clarebout 2011). Hinsichtlich der Gestaltung von Agenten sollten die Lernumgebung und die Charakteristika der Zielgruppe berücksichtigt werden (Zander und Heidig 2018, S. 15). Im Kontext der Umsetzung von NanoTecLearn wurden daher die Ergebnisse der Fokusgruppen herangezogen. Die Agent-Version resultierte im permanenten Aufzeigen eines schlicht gehaltenen User Interface-Elements, das nach dem Anklicken eine Vorschlagsliste aufzeigte, für die spezifische Abschnitte des aktuellen Booklets hinterlegt waren. Das Icon hatte auf dem Bildschirm eine feste Position und bewegte sich beim Scrollen durch den aktuellen Abschnitt von NanoTecLearn an dieser definierten Stelle mit. Die Abbildungen 52 und 53 zeigen die Visualisierung der Agentenversion. Der Vorschlag „Begriffe erklären“ verlinkte zum Glossar der Plattform. Diese Funktionalität wurde in den Fokusgruppen als wünschenswert bezeichnet und daher integriert. Die übrigen Einträge der Liste verlinkten jeweils zu Anwendungsbeispielen, Theorie, Interaktion, Reflexion oder dem nachfolgenden Booklet.

Die Motivationseinschätzung wurde über das Agenten-Icon aufgerufen und vor Einblenden der Vorschlagsliste angezeigt. Im Gegensatz zu den anderen beiden adaptiven Varianten hatte die Einschätzung jedoch keine Auswirkung auf die angezeigten Vorschläge und wurde lediglich für den späteren Vergleich der Motivationsverläufe erfasst. Für diese Plattformversion wurden die Probandennummern 400 bis 499 zugewiesen. Es handelte sich bei dieser Version somit im Vergleich

zu Link Annotation und Direct Guidance nicht um einen mikroadaptiven Ansatz im eigentlichen Sinn, da die Motivationsindikatoren zwar ebenfalls abschnittsweise erfasst wurden, die Vorschlagsliste jedoch unabhängig davon war. Die Adaptation war somit vom Benutzermodell entkoppelt und stellte eher ein Unterstützungssystem dar als eine spezifische Adaptationstechnik (Domagk 2008). Die Version wurde vorrangig aufgrund der Vorschläge der qualitativen Evaluation in Kapitel 5 implementiert.

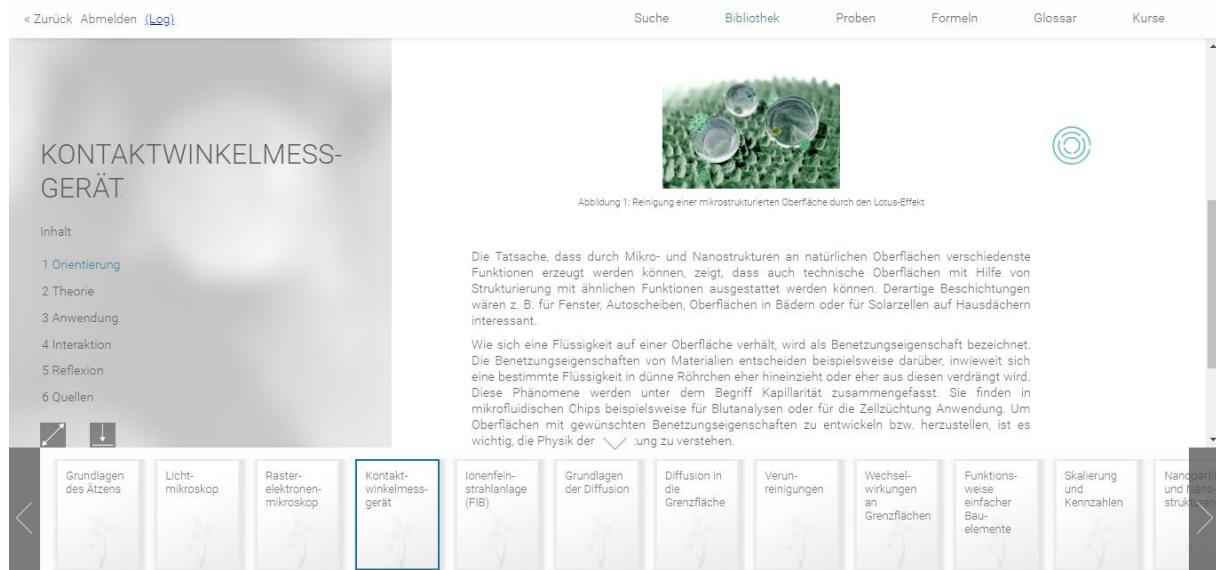


Abbildung 52: Agenten-Icon der zugehörigen adaptiven Plattformversion (eigener Screenshot)

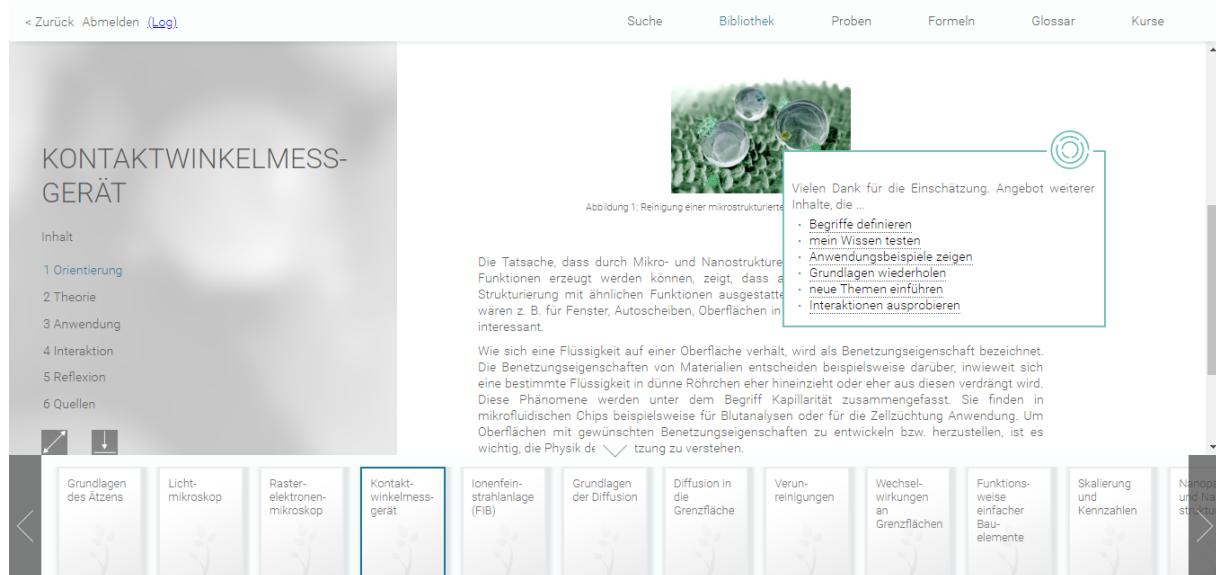


Abbildung 53: Visualisierung der Vorschlagsliste der adaptiven Plattformversion Agent (eigener Screenshot)

6.2 Adaptationstechniken Vergleichsstudie

Die Evaluation der im vorherigen Abschnitt beschriebenen drei adaptiven Systemvarianten von NanoTecLearn erfolgte mithilfe einer vergleichenden Untersuchung unter Einbeziehung einer Kontrollgruppe in Form der nicht-adaptiven Systemvariante. Als Treatment (Döring und Bortz 2016, S. 707) wurde im Kontext des experimentellen Designs der Vergleichsstudie die Adaptation aufgefasst, dargestellt über die drei implementierten Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung. Die Studie fand analog zur Motivationsstudie 1 wieder im Labor des Fachgebiets Medienproduktion der Technischen Universität Ilmenau statt und wurde im Sommersemester 2018 im Zeitraum 03.07.2018-28.08.2018 mit insgesamt 132 Studierenden durchgeführt. Der in der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1) genutzte selbstregulierte Lernansatz des eigenständigen Durcharbeitens eines vorgegebenen Booklets wurde auch für die Vergleichsstudie beibehalten. Ein qualitativ hochwertiger, komplexer und möglichst vergleichbarer Content wurde als bedeutsam aufgefasst, damit Effekte durch das Treatment Adaptation zwischen den Gruppen optimal sichtbar werden konnten (Song und Keller 2001, S. 10). Der Fokus der Studie lag auf der Einschätzung der Benutzerfreundlichkeit, der Akzeptanz und des Kontrollempfindens der Plattformversionen und insbesondere der implementierten Adaptationstechniken sowie auf der Erfassung des Motivationsverlaufs mithilfe der plattformseitig abgefragten Motivationsindikatoren situatives Interesse und Erfolgzuversicht.

6.2.1 Operationalisierung und verwendete Untersuchungsinstrumente

Messung des Motivationsverlaufs

Die Messung des Motivationsverlaufs beim Lernen mit den vier NanoTecLearn Varianten erfolgte über die in Abschnitt 6.1.1 beschriebenen beiden Items zur Abfrage der Motivationsindikatoren innerhalb der Plattform sowie mithilfe der Logfiles. Diese Textdokumente erfassten den aktuell bearbeiteten Abschnitt eines Booklets über die entsprechende ID sowie die Bearbeitungszeit und die Einschätzung der beiden Indikatoren über die zugehörige dreistufige Skala. Der gewählte Pfad durch die Lerninhalte konnte somit unter motivationalen Gesichtspunkten für jede der vier Plattformversionen detailliert nachvollzogen und ausgewertet werden. Neben der Verlaufsmessung wurde analog zur Motivationsstudie 1 die aktuelle Motivation als Ausgangswert mithilfe des in Abschnitt 5.1.3 bereits beschriebenen FAM vor der Bearbeitung des ausgewählten Booklets abgefragt. Der studienbegleitende Online-Fragebogen findet sich in Anhang A5.2.

Messung der Learning Experience

Der zweite Schwerpunkt der Studie war die Evaluation der Plattformvarianten als Grundlage zur Optimierung und Auswahl einer geeigneten Adaptationstechnik für das finale AEHS in Kapitel 7. Es

wurde überprüft, inwieweit die Lernplattform den Erwartungen und Anforderungen der Lernenden entsprach, insbesondere unter Gesichtspunkten der Benutzerfreundlichkeit und der daraus resultierenden Akzeptanz zur weiterführenden Nutzung (Niegemann et al. 2008, S. 422). Ansatzpunkte für geeignete Konstrukte zur Abfrage der Benutzerfreundlichkeit lieferten die Ergebnisse der qualitativen Untersuchungen. Akzeptanz und Kontrollempfinden wurden insbesondere im Rahmen der Fokusgruppen in Kapitel 5 benannt und die User Experience (UX) wurde von den befragten Experten als wichtige Voraussetzung für die Nutzungsbereitschaft angesehen. Das übergeordnete Benutzererlebnis beim Lernen mit der NanoTecLearn Plattform wurde im Studienkontext als Learning Experience operationalisiert. Der Umgang mit dem Lernsystem wurde dahingehend ganzheitlich als Ergebnis der Bewertungen und Reaktionen des Benutzers vor, während und nach der Benutzung aufgefasst (Schulze 2012), mit Fokus auf die Faktoren Technologieakzeptanz, Kontrollempfinden und UX. Diese drei Konstrukte bildeten somit die Grundlage zur Beurteilung des Benutzererlebnisses der vier evaluierten Plattformversionen. Nachfolgend wird die Identifikation geeigneter Messinstrumente der Bestandteile der Learning Experience beschrieben.

Messung des Learning Experience-Bestandteils User Experience

Zur Messung der UX wurde der User Experience Questionnaire (UEQ) verwendet, der in zahlreichen Sprachen online zur Verfügung stand und eine effiziente Evaluation des Benutzererlebnisses im Sinne der drei Dimensionen Attraktivität, hedonische und pragmatische Qualität ermöglichen sollte (Laugwitz et al. 2008, S. 64–65). Die beiden Qualitätsdimensionen unterteilten sich in fünf weitere Faktoren, sodass sich inklusive der Attraktivität sechs Faktoren ergaben, die mithilfe eines semantischen Differenzials aus Adjektivgegensatzpaaren mit sieben Antwortstufen und insgesamt 26 Items abgefragt wurden (Schrepp 2017, S. 2). Abbildung 54 zeigt die sechs Faktoren Attraktivität, Effizienz, Durchschaubarkeit, Steuerbarkeit, Stimulation und Originalität sowie deren zugehörige Gegensatzpaare. Der Faktor Attraktivität umfasste sechs Items (die anderen Faktoren jeweils nur vier) und ermöglichte eine Einschätzung, inwiefern die Plattformversionen den Befragten gefielen. Die Effizienz als typisches Usability-Maß beschrieb den Aufwand, der zur Zielerreichung betrieben wurde. Die Durchschaubarkeit enthielt Aspekte der Verständlichkeit und des Lernaufwands. Die Steuerbarkeit bezog sich insbesondere auf die Benutzerkontrolle und war im Kontext der Vergleichsstudie von Bedeutung, da die Navigationsunterstützung den Schwerpunkt der Adaptation darstellte. Die Stimulation zielte auf motivationale Aspekte hinsichtlich der Bereitschaft ab, die Lernplattform zu nutzen. Die Originalität erfragte die Neuartigkeit und innovative Gestaltung (Rauschenberger et al. 2013, S. 73; Schrepp 2017, S. 2). Die aus dem UEQ gewonnenen Daten wurden mithilfe eines online verfügbaren Auswertungstools für die sechs Faktoren visualisiert, wobei gute, mittlere oder schlechte Werte entsprechend der siebenstufigen Skala mithilfe einer Ampelmetapher farbig codiert wurden (Rauschenberger et al. 2013, S. 73). Der Einsatz des Fragebogens ermöglichte eine differenzierte

Abfrage zahlreicher Systemaspekte aus verschiedenen UX-Perspektiven (Laugwitz et al. 2008, S. 73) und die Verfügbarkeit in deutscher Sprache ermöglichte eine direkte Anwendung ohne zusätzliche Anpassungen.

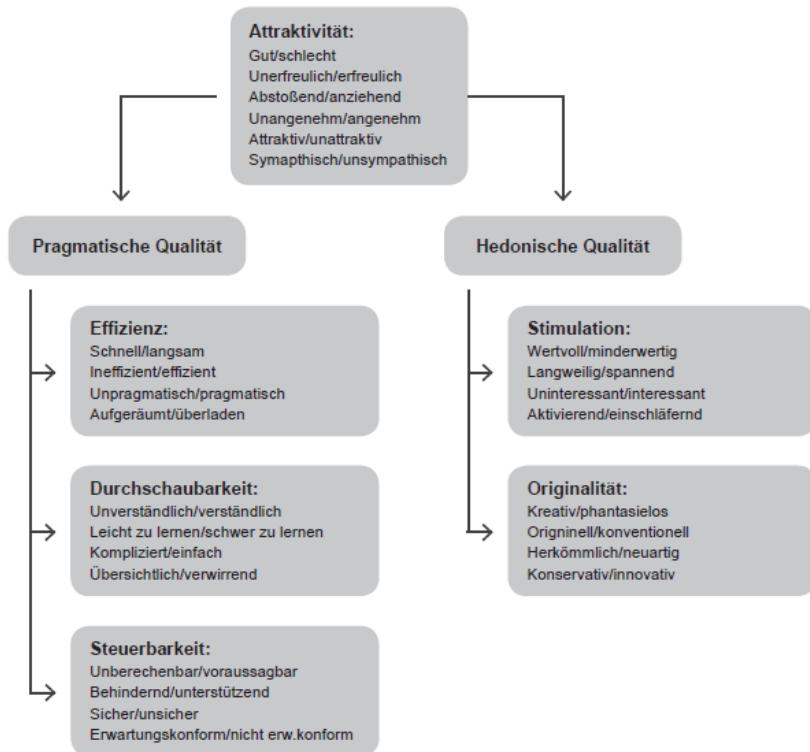


Abbildung 54: Skalenstruktur des UEQ (angepasst nach Schrepp 2017, S. 3)

Messung des Learning Experience-Bestandteils Technologieakzeptanz

Die Akzeptanz wurde mithilfe des in Abschnitt 3.2.1 beschriebenen Technologieakzeptanzmodells operationalisiert (Davis 1989). Entsprechend der Literatur werden Bildungstechnologien besonders akzeptiert, je vorteilhafter sie für das eigene Lernen angesehen werden, je vereinbarer sie mit typischen Lernumgebungen und -gewohnheiten, je einfacher sie zu erlernen und je weniger komplex sie hinsichtlich der Bedienbarkeit sind (Seufert und Euler 2004, S. 41). Darüber hinaus wurden eine Vielzahl von Akzeptanzfaktoren als Voraussetzung für eine gelingende Einführung von Lernsystemen identifiziert, die sich z.B. auf die Qualitätsdimensionen Didaktik, Ökonomie, Technik, Organisation und Kultur auswirken können (Küfner 2010, S. 153; Seufert und Euler 2004). Als Fragebogen wurde ein von Olbrecht angepasstes deutschsprachiges Instrument zur Abfrage des Technologieakzeptanzmodells übernommen, das die Faktoren Intention (Intention to Use), wahrgenommener Nutzen (Perceived Usefulness) und wahrgenommene Bedienbarkeit (Perceived Ease of Use) beinhaltete und in 10 Items mithilfe einer fünfstufigen Likert Skala abfragte (zwei Items für Intention und je vier Items für die weiteren beiden Faktoren) (Olbrecht 2010, S. 100–101; Venkatesh und Davis 2000). Akzeptanz wurde somit operationalisiert als Nutzungsintention aufgrund der Einschätzung des Mehrwerts, den eine

Anwendung für das Erreichen von Lernzielen leisten kann sowie als Benutzerfreundlichkeit im Sinne einer möglichst intuitiven Bedienbarkeit (Küfner 2010, S. 138–139; Davis 1989, S. 324). Diese Perspektive griff insbesondere Aspekte der pragmatischen Qualität des UEQ auf und war für eine Abfrage der Benutzerfreundlichkeit als Prädiktor der Technologieakzeptanz gut geeignet.

Messung des Learning Experience-Bestandteils Kontrollempfinden

Das Kontrollempfinden diente vorrangig der Evaluation der implementierten Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung. Dahingehend wurden die Transparenz und Kontrollierbarkeit eines Systems als wichtige Bedingungsfaktoren identifiziert, das heißt die Benutzer sollten in der Lage sein, systemseitige Anpassungen zu erkennen und zu verstehen sowie diese im Sinne eines Befolgens oder Ablehnens von Vorschlägen zu kontrollieren (Peissner und Edlin-White 2013, S. 624; Dessart et al. 2011). In der Vergleichsstudie kam in diesem Zusammenhang ein auf den Untersuchungskontext angepasstes Instrument mit sechs Items, die mittels fünfstufiger Likert-Skala abgefragt wurden, zum Einsatz. In je zwei Items wurden die Faktoren Transparenz (Transparency), Kontrollierbarkeit (Controllability) und Benutzungskomfort (Comfort of Use) abgefragt (Peissner und Edlin-White 2013, S. 633). Der Fragebogen wurde an die vier evaluierten Plattformversionen angepasst, insbesondere an die nicht-adaptive Plattformversion. Für die Probanden der Kontrollgruppe entfielen die beiden Items zur Abfrage der Transparenz, da keine expliziten Systemanpassungen auf Basis der Motivationsabfrage vorgenommen wurden. Die primär auf die Benutzerfreundlichkeit abzielenden anderen Faktoren des Fragebogens wurden beibehalten, da Systemkontrolle und Benutzungskomfort für alle vier Versionen eine Rolle spielten.

6.2.2 Ablauf der Untersuchung

Die im Sommersemester 2018 durchgeführte Adaptationstechniken Vergleichsstudie wurde als Laborstudie durchgeführt, bei der die Probanden an einem Computer-Arbeitsplatz mit zwei Bildschirmen arbeiteten. Die Akquise erfolgte über studentische E-Mail-Verteiler, wobei sieben Zeitslots pro Tag zur Eintragung zur Verfügung standen. Das Teilnehmerfeld wurde für die Vergleichsstudie bewusst offener gehalten als im Kontext der Motivationsstudie 1, da die Evaluation der Learning Experience und der dazugehörigen Bestandteile im Vordergrund standen und die Plattformversionen dahingehend domänenunabhängig bewertet werden sollten. Die Studienteilnahme wurde mit einem Probandenhonorar von 20 € vergütet. Abbildung 55 zeigt den Ablauf und die Bestandteile der Untersuchung, die in drei Teile gegliedert wurde. Das Studiensemsetting in Form der Bearbeitung des Online-Fragebogens auf dem rechten Bildschirm und der zugewiesenen Plattformversion auf dem linken Bildschirm glich der Motivationsstudie 1 (siehe Abbildung 37 in Abschnitt 5.1.2).

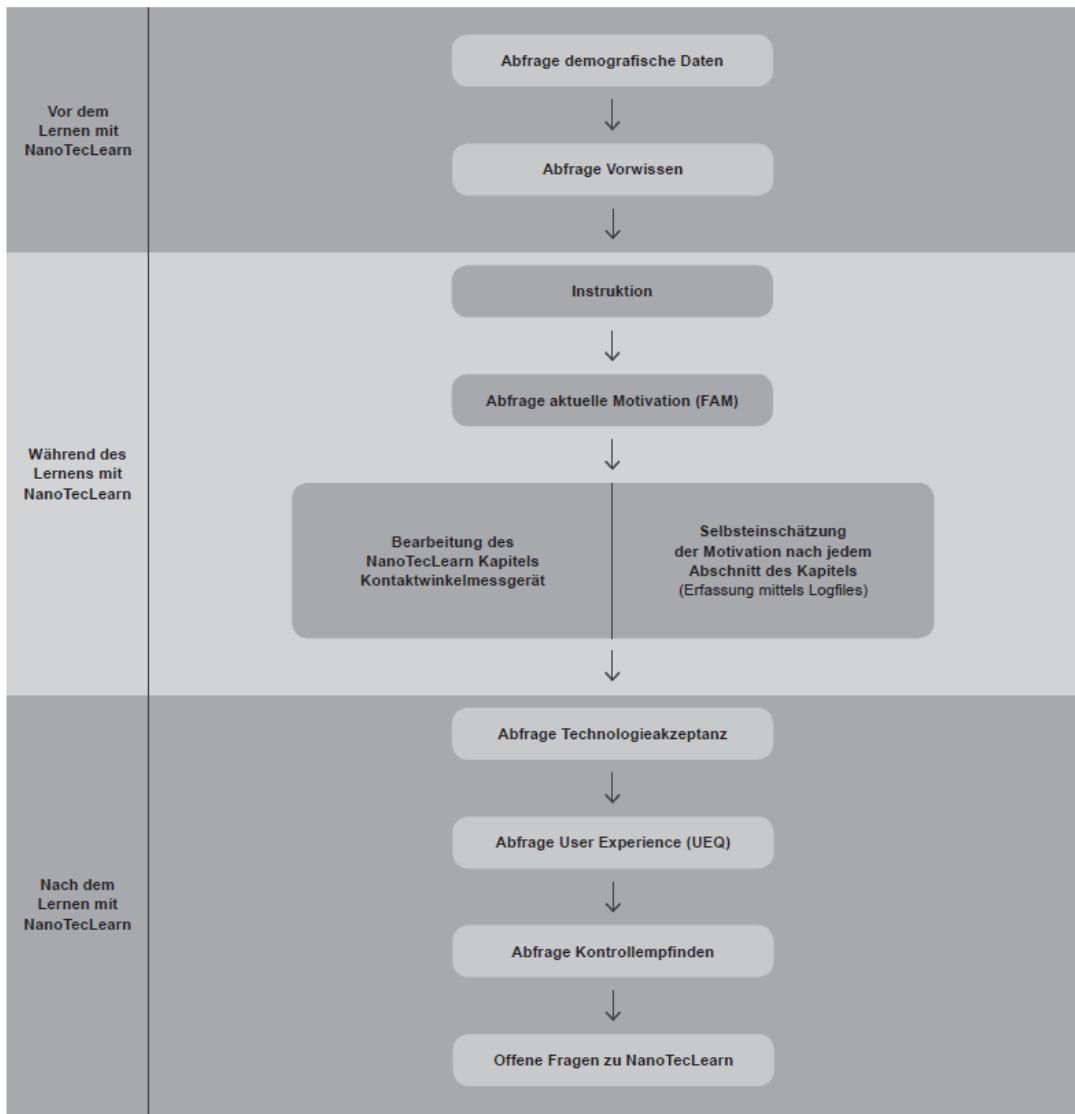


Abbildung 55: Ablauf und Bestandteile der Adaptationstechniken Vergleichsstudie (eigene Darstellung)

Experimentelles Design

Zur Beantwortung der Forschungsfragen und Hypothesen der Studie (siehe Tabelle 3 in Abschnitt 4.2) wurde die Evaluation der vier Plattformversionen in ein experimentelles Design mit Kontrollgruppe überführt. Im Zentrum der Untersuchung stand die Überprüfung, inwiefern sich der Verlauf der Lernmotivation und die Bewertung der Learning Experience zwischen der nicht-adaptiven Systemvariante und den drei adaptiven Plattformversionen unterschied. Die Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung stellten somit das Treatment dar, mit den drei Ausprägungen Link Annotation, Direct Guidance und Agent. Die Messung des Motivationsverlaufs erfolgte über die Selbsteinschätzung der Motivationsindikatoren (siehe Abschnitt 6.1.1) für alle vier Plattformversionen. Die drei Bestandteile der Learning Experience wurden ebenfalls für alle vier NanoTecLearn Varianten mithilfe der gewählten Fragebögen evaluiert. Die 132 Probanden der Stichprobe wurden jeweils einer Plattformversion quasi-randomisiert zugeordnet (Döring und Bortz 2016, S. 193–194). Eine

vollständige Randomisierung lag nicht vor, da darauf geachtet wurde, eine ideale Geschlechter-Verteilung in allen vier Testgruppen sowie eine möglichst gleiche Teilnehmerzahl für alle Versionen zu erreichen. Darüber hinaus fand keine weitere Vorfilterung, z.B. hinsichtlich des Studiengangs oder Vorwissens, statt. Im Rahmen der Studiendurchführung wurden alle Versionen jeweils von 33 Probanden evaluiert.

Vor dem Lernen mit NanoTecLearn

In der ersten Phase der Vergleichsstudie wurden die Probanden vom permanent anwesenden Testleiter begrüßt, der Studienablauf wurde erklärt und die Studierenden wurden zu einem mit Probandennummern versehenen Arbeitsplatz geführt. Nach Abfrage der demografischen Daten erfolgte die Vorwissensabfrage, die im Unterschied zur Motivationsstudie 1 direkt im Online-Fragebogen durchgeführt wurde und zudem eine Selbsteinschätzung des Vorwissens hinsichtlich des Themenbereichs Mikrotechnik und der Kenntnis von NanoTecLearn enthielt. Ein spezifischer Vorwissenstest sowie eine Wissensabfrage am Ende der Untersuchung waren keine Bestandteile dieser Studie.

Während des Lernens mit NanoTecLearn

Der Hauptteil der Studie wurde mit einer allgemeinen Instruktion und Aufgabenstellung sowie der Abfrage der aktuellen Motivation als Ausgangswert mithilfe des FAM eingeleitet. Für die Vergleichsstudie wurde das Booklet „Kontaktwinkelmessgerät“ zur Bearbeitung vorgegeben. Es wurde ein Booklet gewählt, das aufgrund der offenen Zielgruppe der Studie möglichst ohne Vorwissen bearbeitbar war, alle drei Wissenszugänge der Plattform beinhaltete und eine angemessene Anzahl von Verlinkungen und Mouseover-Effekten enthielt. Diese Aspekte waren für das Booklet „Kontaktwinkelmessgerät“ gegeben. Während der Booklet-Bearbeitung wurden die Probanden angehalten, nach jedem Abschnitt die aktuelle Motivation mithilfe der beiden Items zu Interesse und Erfolgzuversicht (siehe Abschnitt 6.2.1) anzugeben. Als Bearbeitungsdauer des Booklets wurden ca. 30 Minuten vorgegeben. Das selbstregulierte Lernen und Erkunden der Lernplattform stand somit im Vordergrund, um zu gewährleisten, dass die Probanden möglichst viele Funktionalitäten der Plattform testeten und adaptive Systemreaktionen wahrnehmen konnten. Dies war eine zentrale Voraussetzung für die anschließende Einschätzung der Learning Experience und deren Bestandteile.

Nach dem Lernen mit NanoTecLearn

Die Abfrage der Learning Experience erfolgte nach dem Lernen mit NanoTecLearn mithilfe der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Instrumente. Vor der Abfrage des Kontrollempfindens war zudem eine Filterfunktion integriert, mit der die Probanden ihre jeweilige Plattformversion auswählen sollten. Den Abschluss der Erhebung bildeten zwei offene Fragestellungen hinsichtlich der systemseitigen

Anpassungen und etwaiger Probleme beim Lernen mit NanoTecLearn. Diese Fragen waren als Freitextantworten direkt in den Online-Fragebogen integriert. Die Untersuchung endete für die Probanden mit dem Ausfüllen des Bogens zur Vergabe des Probandenhonorars. Der Testleiter stellte sicher, dass die Logfiles gesichert wurden und beendete die Session daraufhin. Der Ablauf und die Bestandteile der Studie wurden analog zur Motivationsstudie 1 vorab mithilfe eines Pretests evaluiert. Das Feedback wurde genutzt, um letzte Unklarheiten zu beseitigen und zu überprüfen, ob die Plattformversionen, insbesondere die Adaptationstechniken, im Testsetting optimal funktionierten.

6.2.3 Ergebnisse der Adaptationstechniken Vergleichsstudie

Die Datenauswertung erfolgte mit SPSS 24 sowie Microsoft-Excel. Die Zusammenfassung der Kernaussagen der beiden offenen Fragestellungen findet sich im Anhang A5.5.

Beschreibung der Stichprobe

Die Stichprobenbeschreibung erfolgte anhand des Gesamtdatensatzes von 132 Probanden. Im Sample war eine Altersspanne von 19 bis 48 Jahren vertreten ($M=24.42$, $SD=3.79$), wobei 52,5% der Probanden zwischen 21 und 24 Jahre alt waren. Das Durchschnittsalter war somit ähnlich zur Motivationsstudie 1. Die Geschlechterverteilung war mit 67 männlichen und 65 weiblichen Probanden nahezu ideal. Diese homogene Verteilung zeigte sich auch für alle vier Plattformversionen. Die am häufigsten genannten Studiengänge waren Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft sowie Medienwirtschaft mit insgesamt 54 Probanden. 55 Probanden entfielen auf die natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge der Universität und 23 Studierende gaben „Sonstiges“ an. Mit 77 Nennungen waren über die Hälfte der Probanden in Bachelorstudiengängen immatrikuliert. Dem gegenüber standen 51 Masterstudierende sowie eine Immatrikulation in einem Diplomstudiengang und drei Promotionsstudierende. Die Fachsemesterangabe ($M=5.79$, $SD=4.05$) zeigte, dass sich zahlreiche Studierende bereits in einem fortgeschrittenen Stadium ihres Studiums befanden.

Das Vorwissen wurde als Selbsteinschätzung mithilfe von drei Items abgefragt. 114 Probanden gaben an, NanoTecLearn nicht zu kennen. 53% der Studierenden gaben an, über gar kein domänenspezifisches Vorwissen zu verfügen, was auf die große Zahl an fachfremden Probanden zurückzuführen war. Als hoch schätzten lediglich drei Studierende ihr Vorwissen ein. 59 Probanden schätzten ihr domänenspezifisches Vorwissen gering bis durchschnittlich ein. Zum Thema des Booklets, Kontaktwinkelmessgerät, gaben 104 Probanden an, über gar kein Vorwissen zu verfügen. Die übrigen 28 Studierenden schätzten ihr Wissen gering oder durchschnittlich ein. Es war somit davon auszugehen, dass die Learning Experience wenig durch die vermittelten Inhalte beeinflusst werden würde, da das gewählte Thema des Booklets weitgehend unbekannt war. Weiterführend wurde für

jedes der drei Vorwissen-Items eine ANOVA durchgeführt, um mögliche signifikante Unterschiede zwischen den Plattformversionen zu identifizieren. Insgesamt konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, die die Aussagekraft der Ergebnisse zwischen den Plattformversionen beeinträchtigen könnten.

Datenauswertung und Beantwortung der Hypothesen und Forschungsfragen

Die Beantwortung der Forschungsfragen erfolgte analog zur Motivationsstudie 1 anhand der zugehörigen Hypothesen (siehe Abschnitt 4.2, Tabelle 3). Als Skalenniveau der Forschungsfragen zwei bis vier, die sich mit der aktuellen Motivation und den Bestandteilen Learning Experience befassten, wurde wieder die Intervallskala angenommen (Döring und Bortz 2016, S. 269). Die erste Forschungsfrage und dazugehörige Hypothese widmete sich dem Untersuchungsschwerpunkt der Änderung des Motivationsverlaufs während der Erhebung unter Einbeziehung der Logfiles.

H1: Es zeigen sich Unterschiede im Motivationsverlauf während der E-Learning Session in Abhängigkeit der verwendeten Adaptationstechnik.

Vergleich des Motivationsverlaufs der vier Plattformversionen mithilfe der Logfiles

Die Analyse der Erfassung der Bearbeitungszeiten pro Abschnitt, der Motivationseinschätzungen und der adaptiven Systemreaktionen ermöglichte ein Nachvollziehen des Motivationsverlaufs während des Lernens mit NanoTecLearn. Die Logfiles wurden wie bereits beschrieben nach der Testsession unter der zugehörigen Probandennummer gespeichert. Die Auswertung erfolgte mithilfe von Microsoft Excel. Zur Beschränkung der Komplexität der Analyse wurden lediglich die Daten für das studienrelevante Test-Booklet „Kontaktwinkelmessgerät“ ausgewertet. Dem Kapitel wurde systemseitig die ID=26 zugeordnet, mit den Ziffern 1 bis 6 für die in Abschnitt 4.3 beschriebenen Unterabschnitte der Booklets (26,2 entsprach beispielsweise dem Abschnitt Theorie). Zur Auswertung der Motivationseinschätzung wurden die beiden Items und die dazugehörige dreistufige Skala (siehe Abschnitt 6.1.1) in eine passende Form überführt. Die resultierende Skala reichte von 0 bis 5 und ist in Tabelle 48 dargestellt.

Tabelle 48: Skala zur Auswertung der Motivationseinschätzung (Ez – Erfolgszuversicht, In – Interesse)

Bewertung	0	1	2	3	4	5
Motivation	Ez -, In -	Ez =, In -	Ez +, In -	Ez =, In =	Ez +, In =	Ez +, In +
	Ez -, In =	Ez -, In +			Ez =, In +	

Wie der Tabelle zu entnehmen, wurde ein Absinken der Motivation (über „-“ codiert) stets schlechter bewertet als eine konstante Motivation (über „=“ codiert) oder ein Ansteigen der Motivation (über „+“ codiert). Als Voraarbeit der Auswertung wurden die Daten umfassend gesichtet und bereinigt. Neben

der Überführung der Motivationseinschätzungen in eine passende Auswertungsskala wurden Abschnitte von der Auswertung ausgeschlossen, die vorab definierte Kriterien nicht erfüllten. Davon betroffen waren Abschnitte, die weniger als 10 Sekunden besucht wurden. Dies wurde als oberflächliches Explorieren und nicht als intensives Auseinandersetzen mit den Lerninhalten aufgefasst und daher bei der Auswertung vernachlässigt. Weiterhin wurden Probanden ausgeschlossen, die insgesamt weniger als 5 Minuten das studienrelevante Booklet bearbeiteten. Für die Kontrollgruppe resultierten 30 gültige Fälle, für Link Annotation 29, für Direct Guidance 30 und für die Agentenversion 32. Im Anschluss wurden die Benutzerpfade durch das Kapitel für alle Probanden und alle vier Plattformversionen unter Einbeziehung der Abschnitt-IDs und der Selbsteinschätzungen nachvollzogen. Für die Kontrollgruppe wurden insgesamt 174 Motivationseinschätzungen abgegeben, gefolgt von 132 für Link Annotation, 114 für Direct Guidance und 115 für Agent. Der vollständige Leitfaden zur Strukturierung, Bereinigung und Auswertung der Logfile-Daten findet sich in Anhang A5.4. Tabelle 49 zeigt die Durchschnittsbewertung der Motivationseinschätzung pro Abschnitt des Booklets „Kontaktwinkelmessgerät“ sowie die durchschnittlichen Verweildauern in Minuten und Sekunden.

Tabelle 49: Vergleich der durchschnittlichen Motivationseinschätzungen und Verweildauern der Plattformversionen im Kapitel Kontaktwinkelmessgerät

Version	Kontrollgruppe	Link Annotation	Direct Guidance	Agent
Durchschnitt Motivations-einschätzung pro Abschnitt	26,1 – 4.19	26,1 – 3.77	26,1 – 4.42	26,1 – 4.07
	26,2 – 2.93	26,2 – 2.96	26,2 – 3.42	26,2 – 3.55
	26,3 – 2.68	26,3 – 2.96	26,3 – 3.55	26,3 – 3.92
	26,4 – 4.08	26,4 – 3.70	26,4 – 4.30	26,4 – 4.64
	26,5 – 4.05	26,5 – 3.92	26,5 – 4.33	26,5 – 3.95
	26,6 – 2.63	26,6 – 3.00	26,6 – k.A.	26,6 – 2.80
Durchschnitt Verweildauer pro Abschnitt	26,1 – 02:13	26,1 – 01:50	26,1 – 02:18	26,1 – 01:46
	26,2 – 05:24	26,2 – 04:54	26,2 – 05:58	26,2 – 04:26
	26,3 – 03:39	26,3 – 04:30	26,3 – 05:31	26,3 – 03:32
	26,4 – 03:10	26,4 – 03:34	26,4 – 04:41	26,4 – 02:46
	26,5 – 01:26	26,5 – 02:31	26,5 – 02:16	26,5 – 02:06
	26,6 – 01:08	26,6 – 01:37	26,6 – k.A.	26,6 – 00:59

Insgesamt lag die durchschnittliche Bearbeitungszeit für alle Plattformversionen zwischen 16 bis 21 Minuten, wobei die Kontrollgruppe die kürzeste Verweildauer aufwies (16:59 Minuten) und die Direct Guidance-Version die längste (20:44 Minuten). Die Agentenversion (17:30 Minuten) und die Link Annotation-Version (19:06 Minuten) lagen dazwischen. Die Motivationsverläufe wurden zudem kombiniert für beide Motivationsindikatoren je Plattformversion grafisch dargestellt (siehe Abbildungen 56 bis 59).

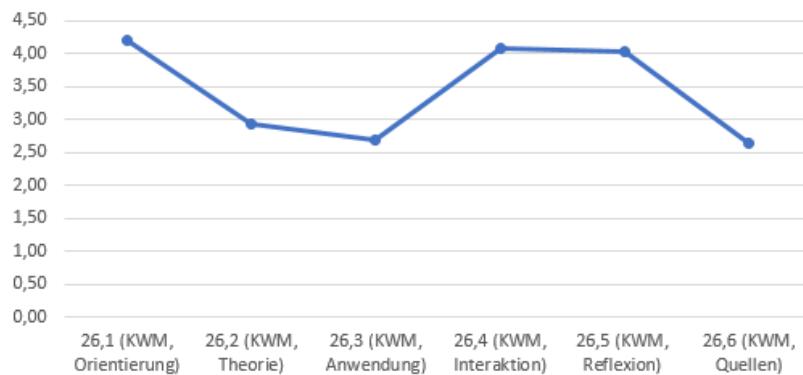


Abbildung 56: Motivationsverlauf der Kontrollgruppenversion für beide Motivationsindikatoren

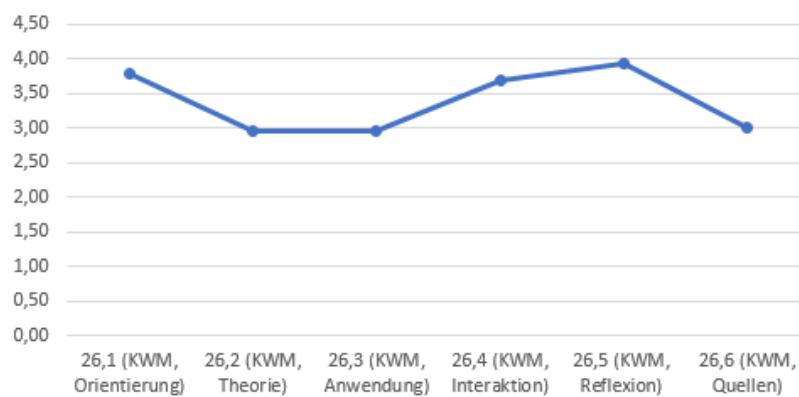


Abbildung 57: Motivationsverlauf der Link Annotation-Version für beide Motivationsindikatoren

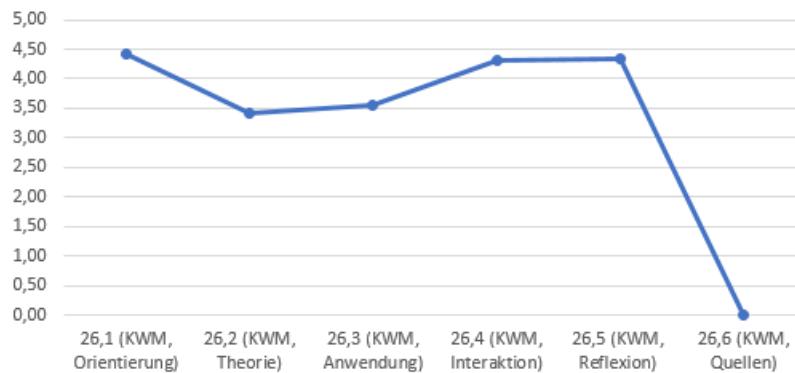


Abbildung 58: Motivationsverlauf der Direct Guidance-Version für beide Motivationsindikatoren

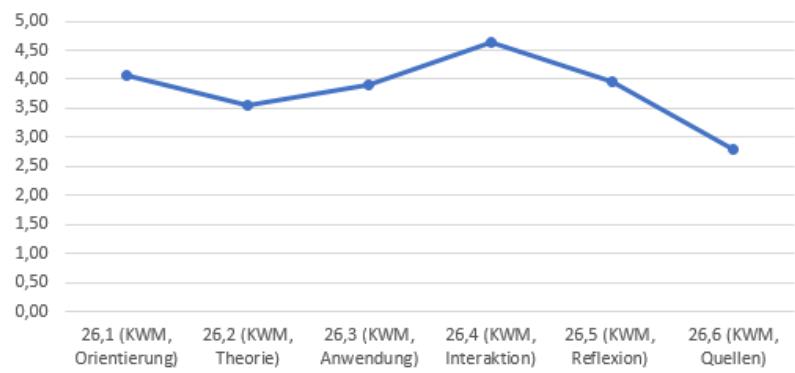


Abbildung 59: Motivationsverlauf der Agentenversion für beide Motivationsindikatoren

Auffällig war das erkennbare Absinken der Durchschnittsbewertungen der beiden Motivationsindikatoren im Abschnitt Theorie im Vergleich zum Orientierungsabschnitt in allen vier Plattformversionen. Diese Ergebnisse spiegelten die Befunde der qualitativen Erhebungen mit der Ausgangsversion von NanoTecLearn in Kapitel 5 wider. Dem gegenüber stand der in den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3) bereits angemerkte Anstieg der Lernmotivation im Abschnitt Interaktion. Der Abschnitt Reflexion konnte die höhere Lernmotivation nicht gänzlich aufrechterhalten, was mit den ausstehenden Implementierungen interaktiver Tests begründet werden könnte. Dies wurde im Rahmen der Motivationsstudie 2 (siehe Abschnitt 7.2.3) weiterführend untersucht. Entsprechend der Skalenmaxima von 0 bis 5 zeigte sich für alle Abschnitte eine insgesamt relativ hohe Durchschnittsbewertung, zumeist im oberen Drittel der Skala, was die allgemeine Zufriedenheit der Probanden mit der Lernplattform, die auch bereits in den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 geäußert wurde, widerspiegelte. Eine Verschlechterung der Motivation in Form der „-,“ Angabe von mindestens einem der beiden Indikatoren wurde relativ selten angegeben. Bei der Kontrollgruppe waren z.B. von 174 abgegeben Selbsteinschätzungen lediglich 15 Angaben dem Skalenminimum, das heißt dem Absinken beider Indikatoren zuzuordnen. Bei der Link Annotation-Version waren es 9 von 145 Einschätzungen und bei den Versionen Direct Guidance und Agent waren es jeweils nur 3 von 114 beziehungsweise 115 Einschätzungen.

Vergleich der Selbsteinschätzung der Motivationsindikatoren

Zur Identifikation möglicher signifikanter Unterschiede zwischen den Durchschnittsbewertungen wurden einfaktorielle Varianzanalysen (Janssen und Laatz 2017, S. 350–353) mit anschließenden Post-Hoc-Tests durchgeführt. Die Analyse wurde für alle Abschnitte des Booklets sowie für beide Motivationsindikatoren getrennt durchgeführt. Die erste ANOVA sollte mögliche signifikante Unterschiede der Erfolgzuversicht im Abschnitt Orientierung identifizieren. Varianzhomogenität wurde für sämtliche Varianzanalysen vorab mithilfe des Levene-Tests überprüft (Bortz und Schuster 2010, S. 129). Die Erfolgzuversicht unterschied sich zwischen den vier Plattformversionen im Abschnitt Orientierung nicht signifikant, $F(3,117)=1.273$, $p=0.287$. Auf weiterführende Post-Hoc-Tests wurde daher verzichtet. Für die anderen Abschnitte des Booklets konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede für den Motivationsindikator Erfolgzuversicht identifiziert werden (auf eine Darstellung wird daher verzichtet).

Für den Motivationsindikator Interesse konnten für die Abschnitte Orientierung, Theorie, Anwendung und Reflexion signifikante Unterschiede in der Durchschnittsbewertung zwischen den vier Plattformversionen identifiziert werden. Im Abschnitt Orientierung ($F(3,117)=2.691$, $p=0.049$) zeigten Post-Hoc-Tests, dass sich die Mittelwerte zwischen Link Annotation und Direct Guidance signifikant unterschieden, $p=0.038$, 95%-KI[0.02, 0.75]. Das Interesse war nach Bearbeiten des Orientierungsabschnitts somit bei der Direct Guidance-Version signifikant höher als bei der Link

Annotation-Version. Für den Abschnitt Theorie zeigten sich ebenfalls signifikante Unterschiede ($F(3,112)=3.187$, $p=0.027$), jedoch konnten diese mithilfe von Post-Hoc-Tests zwischen den Plattformversionen nicht präzisiert werden. Für den Abschnitt Anwendung ($F(3,106)=5.872$, $p=0.001$) zeigten Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche, dass sich das Interesse zwischen Agent und Kontrollgruppe ($p=0.001$, 95%-KI[0.20, 1.15]) sowie zwischen Agent und Link Annotation ($p=0.019$, 95%-KI[0.06, 1.05]) signifikant unterschied. Das Interesse war somit bei der Agentenversion nach Bearbeiten des Abschnitts Anwendung signifikant höher als bei der Kontrollgruppenversion und der Link Annotation-Version. Im Abschnitt Reflexion zeigten sich ebenfalls signifikante Unterschiede ($F(3,87)=4.552$, $p=0.005$) und Post-Hoc-Tests konnten diese zwischen der Kontrollgruppenversion und der Direct Guidance-Version ($p=0.024$, 95%-KI[-1.04, -0.05]) sowie zwischen der Kontrollgruppenversion und der Agentenversion ($p=0.025$, 95%-KI[-1.12, -0.06]) bestätigen. Das Interesse war nach Beenden des Reflexionsabschnitts somit bei der Kontrollgruppe signifikant niedriger als bei den Adaptationstechniken Direct Guidance und Agent. Die Auswertung der Link Annotation-Version ermöglichte zudem Aussagen darüber, wie viele Systemvorschläge von den Benutzern wahrgenommen wurden. Insgesamt wurden 86 von 132 Vorschlägen befolgt, das heißt ca. 65% der Annotationen wurden wahrgenommen und als motivationsförderlich sowie inhaltlich passend empfunden.

Die Hypothese konnte somit dahingehend beantwortet werden, dass lediglich für den Motivationsindikator Interesse teilweise signifikante Unterschiede zwischen den Plattformversionen nachweisbar waren. Die Befunde sprachen jedoch nicht für eine generelle Tendenz hinsichtlich der Befürwortung oder Ablehnung spezifischer Adaptationstechniken. Darüber hinaus war zudem kein klarer Unterschied zum Motivationsverlauf der nicht-adaptiven Kontrollgruppenversion erkennbar.

H2: Je höher das Kontrollempfinden bezüglich der Adaptation vom Lernenden empfunden wird, desto höher ist die aktuelle Lernmotivation.

Zur Untersuchung der ersten Zusammenhangshypothese wurden die Daten des FAM sowie des Kontrollempfinden-Fragebogens ausgewertet. Tabelle 50 zeigt die Häufigkeitsanalyse (Janssen und Laatz 2017, S. 204–206) des FAM. Die Aufbereitung der FAM-Items erfolgte analog zum Vorgehen der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3). Die Mittelwerte und Standardabweichungen wurden für alle vier Plattformversionen separat ermittelt. Die internen Konsistenzen, dargestellt mithilfe des Cronbachs Alpha-Wertes (Cronbach 1951), wurden für die vier Faktoren des FAM als Gesamtwerte ermittelt. Die Häufigkeitsanalysen der einzelnen FAM-Items finden sich für alle vier Plattformversionen im Anhang A5.3.

Tabelle 50: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des FAM

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Kontrollgruppe			
Interesse (5) ^a	4.52	0.89	0.80
Herausforderung (4) ^b	5.21	0.66	0.58
Erfolgswahrscheinlichkeit (4) ^c	5.06	1.13	0.80
Misserfolgsbefürchtung (5) ^d	2.48	1.09	0.82
Link Annotation			
Interesse (5) ^e	4.44	1.29	
Herausforderung (4) ^f	5.05	0.81	
Erfolgswahrscheinlichkeit (4) ^g	5.05	1.09	
Misserfolgsbefürchtung (5) ^h	2.90	1.03	
Direct Guidance			
Interesse (5) ⁱ	4.43	0.95	
Herausforderung (4) ^j	5.05	1.04	
Erfolgswahrscheinlichkeit (4) ^k	4.77	1.14	
Misserfolgsbefürchtung (5) ^l	2.87	1.20	
Agent			
Interesse (5) ^m	4.55	0.89	
Herausforderung (4) ⁿ	4.83	0.75	
Erfolgswahrscheinlichkeit (4) ^o	5.17	0.83	
Misserfolgsbefürchtung (5) ^p	2.57	0.92	

Anmerkungen. N=132. ^a Min=2.80, Max=6.00; ^b Min=4.00, Max=6.75; ^c Min=1.50, Max=6.75; ^d Min=1.00, Max=4.60; ^e Min=1.80, Max=7.00; ^f Min=3.00, Max=7.00; ^g Min=2.00, Max=6.75; ^h Min=1.00, Max=5.20; ⁱ Min=2.20, Max=6.60; ^j Min=2.50, Max=6.75; ^k Min=2.25, Max=6.75; ^l Min=1.00, Max=5.20; ^m Min=2.40, Max=6.60; ⁿ Min=2.75, Max=6.25; ^o Min=3.25, Max=6.75; ^p Min=1.00, Max=4.80. Interne Konsistenzen der Faktoren wurden für alle Versionen als Gesamtwert ermittelt

Analog zu den Befunden der Motivationsstudie 1 wiesen die Faktoren Erfolgswahrscheinlichkeit und Herausforderung in allen vier Versionen die höchsten Mittelwerte auf, gefolgt vom Interesse, das ebenfalls deutlich über dem Mittelpunkt der siebenstufigen Skala lag. Die Misserfolgsbefürchtung war gering, wodurch insgesamt analog zur Motivationsstudie 1 wieder eine hohe aktuelle Motivation zu Beginn der Bearbeitung vorlag. Signifikante Unterschiede zwischen den Ausprägungen der vier Faktoren der vier Plattformvarianten konnten mithilfe einfaktorieller Varianzanalysen nicht identifiziert werden (auf deren Darstellung wird daher verzichtet). Zustimmung fanden insbesondere Aussagen des Faktors Interesse, die die Aufgabenstellung und das Entdecken von Zusammenhängen in diesem Lernkontext als interessant bezeichneten. Hinsichtlich der Herausforderung wurde eine Entschlossenheit, sich anzustrengen, angemerkt sowie ein gespanntes Erwarten, wie die Studierenden mit den Inhalten zurechtkommen würden. Die Probanden stimmten im Faktor Erfolgswahrscheinlichkeit zudem mehrheitlich zu, den Anforderungen der Aufgabe gewachsen zu sein. Beim Faktor Misserfolgsbefürchtung fand lediglich die Scham des Versagens eine höhere Zustimmung. Zusammenfassend ergab sich ein relativ homogenes Bild hinsichtlich der aktuell wirksamen Motivation der Gesamtstichprobe sowie ähnliche Mittelwerte im Vergleich zur Motivationsstudie 1. Die Daten des FAM wurden daher als geeigneter Schätzwert der Lernmotivation während der E-Learning Session aufgefasst und für die nachfolgenden Zusammenhangsanalysen mit den Faktoren der Learning

Experience verwendet. Die internen Konsistenzen waren für die Faktoren Interesse (Cronbachs $\alpha=0.80$), Erfolgswahrscheinlichkeit (Cronbachs $\alpha=0.80$) und Misserfolgsbefürchtung (Cronbachs $\alpha=0.82$) gut und somit besser als bei der Motivationsstudie 1. Analog zu dieser Untersuchung fiel der Faktor Herausforderung (Cronbachs $\alpha=0.58$) jedoch wieder merklich ab (Streiner 2003). Das Konzept der aktuell wirksamen Motivation konnte letztendlich auch im Kontext der Vergleichsstudie akzeptabel mithilfe des FAM abgebildet werden, wobei der Faktor Herausforderung wieder für Unklarheiten auf Seiten der Probanden sorgte.

Tabelle 51: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des Kontrollempfindens

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Kontrollgruppe			0.71
Controllability (2) ^a	4.36	0.63	
Comfort of Use (2) ^b	4.21	0.69	
Link Annotation			0.25
Controllability (2) ^c	4.08	0.54	
Comfort of Use (2) ^d	4.05	0.64	
Transparency (2) ^e	2.98	0.80	
Direct Guidance			0.81
Controllability (2) ^f	3.82	0.88	
Comfort of Use (2) ^g	4.02	0.86	
Transparency (2) ^h	3.15	0.96	
Agent			0.76
Controllability (2) ⁱ	3.86	0.81	
Comfort of Use (2) ^j	4.14	0.75	
Transparency (2) ^k	2.79	0.93	

Anmerkungen. N=132. ^a Min=3.00, Max=5.00; ^b Min=2.00, Max=5.00; ^c Min=3.00, Max=5.00; ^d Min=2.50, Max=5.00; ^e Min=1.50, Max=4.50; ^f Min=1.50, Max=5.00; ^g Min=1.50, Max=5.00; ^h Min=1.00, Max=5.00; ⁱ Min=2.00, Max=5.00; ^j Min=2.00, Max=5.00; ^k Min=1.00, Max=4.50. Interne Konsistenz des Kontrollempfindens wurde für alle Versionen als Gesamtwert ermittelt

Tabelle 51 zeigt die Häufigkeitsanalyse des Kontrollempfinden-Fragebogens für alle vier Plattformversionen. Die internen Konsistenzen wurden für den Fragebogen jeweils als Gesamtwert pro Plattformversion ermittelt. Zu beachten war, dass die Kontrollgruppenversion lediglich zwei Faktoren umfasste, da die Transparenz aufgrund nicht vorhandener Systemreaktionen kein Bestandteil der Untersuchung dieser Variante war. Die Kontrollgruppenversion wies die höchsten Mittelwerte für die Faktoren Controllability ($M=4.36$, $SD=0.63$) und Comfort of Use ($M=4.21$, $SD=0.69$) auf. Der ausbleibende systemseitige Eingriff schien demnach das Gefühl der vollen Kontrolle über das User Interface ideal anzusprechen. Die Systemnutzung und das Ausbleiben unnötiger Benutzereingaben wurde ebenfalls positiv aufgefasst. Die beiden Faktoren wiesen für die drei adaptiven Systemvarianten entsprechend der Skalenmaxima von 1 bis 5 ebenfalls überdurchschnittliche Werte auf, wobei die Link Annotation-Version hinsichtlich der Controllability ($M=4.08$, $SD=0.54$) und die Agentenversion hinsichtlich des Comfort of Use ($M=4.14$, $SD=0.75$) besonders überzeugten. Ein überraschender Befund zeigte sich beim für die Adaptation bedeutsamen Faktors Transparency, der in der Direct Guidance-

Version den höchsten Mittelwert aufwies ($M=3.15$, $SD=0.96$). Insgesamt waren die Mittelwerte dieses Faktors jedoch für alle drei adaptiven Systemvarianten deutlich unterhalb der Werte der Controllability und des Comfort of Use, das heißt die adaptiven Versionen konnten nicht optimal verständlich machen, dass Systemanpassungen vorgenommen wurden oder Vorschläge hervorgehoben wurden. Inwiefern tatsächlich signifikante Unterschiede zwischen dem Kontrollempfinden und den anderen beiden Bestandteilen der Learning Experience zwischen den vier Plattformversionen bestanden, wurde im Rahmen der Hypothese 5 analysiert. Die internen Konsistenzen des Kontrollempfindens waren für die Versionen Direct Guidance (Cronbachs $\alpha=0.81$), Agent (Cronbachs $\alpha=0.76$) und Kontrollgruppe (Cronbachs $\alpha=0.71$) akzeptabel. Die Link Annotation-Version (Cronbachs $\alpha=0.25$) erzielte jedoch einen nicht akzeptablen Wert. Die Items erwiesen sich in diesem Fall demnach als nicht reliabel zur Vermittlung der Bestandteile des Kontrollempfindens. Vertiefende Analysen zeigten, dass der schlechte Wert insbesondere aus dem Einbeziehen der Transparency-Items resultierte. Eine Erklärung könnte sein, dass einige Probanden die dezenten visuellen Hinweise hinsichtlich der systemseitigen Vorschläge (siehe Abschnitt 6.1.2, Abbildung 50) nicht wahrnahmen. Der angenommene gerichtete Zusammenhang der Hypothese wurde für jeden der Faktoren des FAM und des Kontrollempfindens und für alle vier Versionen mithilfe einer bivariaten Korrelation nach Pearson (Janssen und Laatz 2017, S. 387–390) ausgewertet.

Befunde der Kontrollgruppenversion

Tabelle 52: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Kontrollempfinden der Kontrollgruppenversion

	Controllability	Comfort of Use
Interesse	-0.172 (0.170)	-0.435* (0.006)
Herausforderung	0.376* (0.016)	0.200 (0.132)
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.089 (0.311)	-0.083 (0.324)
Misserfolgsbefürchtung	-0.087 (0.315)	0.113 (0.266)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Ein signifikanter moderater positiver Zusammenhang ($r=0.376$, $p=0.016$) konnte für die Herausforderung und die Controllability nachgewiesen werden (siehe Tabelle 52). Entsprechend der Häufigkeitsverteilung der Items würde eine hohe Anstrengungsbereitschaft mit einem hohen Gefühl der Kontrollierbarkeit der Lernplattform einhergehen. Ein signifikanter moderater negativer Zusammenhang ($r=-0.435$, $p=0.006$) zeigte sich für das Interesse und den Comfort of Use. Ein hohes situatives Interesse würde demnach mit einem sinkenden Bedienkomfort einhergehen. Die Faktoren Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung wiesen keine signifikanten Zusammenhänge auf.

Tabelle 53: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.074 (0.783)	0.267	0.052
Comfort of Use	-0.600* (0.020)	0.245	-0.460
R ²	0.191		
korrig. R ²	0.137		
F(2,30)	3.539 (0.042)		

Anmerkungen. N=33. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die Einflüsse der FAM-Faktoren auf das Kontrollempfinden wurden weiterführend mithilfe multipler linearer Regressionsanalysen (Bortz und Schuster 2010, S. 342) untersucht. Die Befunde für den Faktor Interesse finden sich in Tabelle 53. Für die übrigen drei Faktoren konnten keine signifikanten Einflüsse nachgewiesen werden. Auf deren Darstellung wird daher verzichtet. Die Analyse konnte nachweisen, dass das Interesse einen signifikanten Einfluss auf das Kontrollempfinden ausübte, F(2,30)=3.539, p=0.042. Das Modell zeigte mit einem korrigierten R²=0.137 eine moderate Varianzaufklärung (Cohen 1988). Ein signifikanter Einfluss konnte für den Faktor Comfort of Use (p=0.020) nachgewiesen werden. Bei einer höheren Selbsteinschätzung des Bedienkomforts würde die Angabe des Interesses um 0.600 sinken. Dieser Befund zeigte sich bereits im signifikanten Zusammenhang der Korrelationsanalyse.

Befunde der Link Annotation-Version

Tabelle 54: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Kontrollempfinden der Link Annotation-Version

	Controllability	Comfort of Use	Transparency
Interesse	0.056 (0.381)	0.365* (0.020)	-0.010 (0.478)
Herausforderung	0.250 (0.084)	0.406* (0.011)	0.019 (0.458)
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.144 (0.216)	-0.014 (0.471)	0.260 (0.075)
Misserfolgsbefürchtung	-0.220 (0.113)	-0.069 (0.354)	-0.074 (0.343)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 54 veranschaulicht die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zum Kontrollempfinden in der Link Annotation-Version. Signifikante moderate positive Zusammenhänge zeigten sich für diese Plattformversion für die Faktoren Comfort of Use und Interesse ($r=0.365$, $p=0.020$) sowie Herausforderung ($r=0.406$, $p=0.011$). Ein vorhandenes situatives Interesse und Anstrengungsbereitschaft würden demnach mit einem als gut empfundenen Bedienkomfort einhergehen. Der negative Zusammenhang der Kontrollgruppenversion konnte somit für die Link Annotation-Version nicht bestätigt werden. Die Faktoren Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung zeigten wieder keine signifikanten Korrelationen mit dem Kontrollempfinden. Der Faktor Transparency wies ebenfalls keine signifikanten Zusammenhänge auf. Die Tabellen 55 und 56 zeigen die multiplen linearen Regressionsanalysen zur Untersuchung des Einflusses des Kontrollempfindens auf die FAM-Faktoren Interesse und Herausforderung. Für beide Modelle konnten insgesamt lediglich geringe Varianzaufklärungen und keine Signifikanz nachgewiesen werden. In

beiden Fällen übte jedoch der Faktor Comfort of Use einen signifikanten Einfluss auf das Interesse ($p=0.048$) und die Herausforderung ($p=0.048$) aus. Eine höhere Selbsteinschätzung des Bedienkomforts würde mit steigenden Angaben des Interesses um 0.737 und der Herausforderung um 0.468 einhergehen.

Tabelle 55: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch das Kontrollempfinden (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	-0.106 (0.805)	0.425	-0.046
Comfort of Use	0.737* (0.048)	0.356	0.377
Transparency	0.002 (0.994)	0.277	0.001
R^2	0.135		
korr. R^2	0.042		
F(3,28)	1.458 (0.247)		

Anmerkungen. N=33. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 56: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Herausforderung durch das Kontrollempfinden (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.240 (0.380)	0.269	0.159
Comfort of Use	0.468* (0.048)	0.226	0.366
Transparency	0.058 (0.745)	0.176	0.056
R^2	0.189		
korr. R^2	0.102		
F(3,28)	2.177 (0.113)		

Anmerkungen. N=33. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Befunde der Direct Guidance-Version

Für die Faktoren Controllability und Comfort of Use konnten keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden (siehe Tabelle 57). Der Faktor Transparency war in dieser Plattformvariante jedoch bedeutsam und zeigte signifikante moderate positive Zusammenhänge mit dem Interesse ($r=0.301$, $p=0.045$) und der Erfolgswahrscheinlichkeit ($r=0.469$, $p=0.003$). Eine hohe Systemtransparenz würde demnach mit einem hohen situativen Interesse und einer hohen Erfolgswahrscheinlichkeit einhergehen.

Tabelle 57: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Kontrollempfinden der Direct Guidance-Version

	Controllability	Comfort of Use	Transparency
Interesse	0.241 (0.089)	0.174 (0.166)	0.301* (0.045)
Herausforderung	0.022 (0.451)	0.227 (0.102)	0.036 (0.421)
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.268 (0.066)	0.214 (0.116)	0.469* (0.003)
Misserfolgsbefürchtung	-0.171 (0.171)	-0.094 (0.301)	-0.273 (0.062)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Die Erfolgswahrscheinlichkeit war im Kontext der Direct Guidance-Version der einzige Faktor, der ein Modell mit nennenswerter Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.140$) ergab (siehe Tabelle 58). Der

Faktor Transparency übte einen signifikanten Einfluss ($p=0.029$) auf die Erfolgswahrscheinlichkeit aus und würde in einem Anstieg der Bewertung um 0.537 resultieren. Das Gesamtmodell ergab jedoch keinen signifikanten Einfluss ($p=0.062$).

Tabelle 58: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch das Kontrollempfinden (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.015 (0.957)	0.280	0.012
Comfort of Use	0.028 (0.917)	0.265	0.021
Transparency	0.537* (0.029)	0.233	0.454
R^2	0.221		
korr. R^2	0.140		
F(3,29)	2.736 (0.062)		

Anmerkungen. N=33. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Befunde der Agentenversion

Befundlage ähnelte der Direct Guidance-Version, das heißt für die Faktoren Controllability und Comfort of Use konnten keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden (siehe Tabelle 59). Der Faktor Transparency wies eine signifikante moderate negative Korrelation ($r=-0.310$, $p=0.040$) mit dem Interesse und eine signifikante moderate positive Korrelation ($r=0.294$, $p=0.049$) mit der Misserfolgsbefürchtung auf. Diese Befundlage unterschied sich deutlich von den anderen beiden adaptiven Plattformversionen.

Tabelle 59: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Kontrollempfinden der Agentenversion

	Controllability	Comfort of Use	Transparency
Interesse	-0.079 (0.331)	-0.060 (0.370)	-0.310* (0.040)
Herausforderung	0.050 (0.392)	0.204 (0.128)	0.041 (0.411)
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.085 (0.319)	-0.245 (0.085)	-0.163 (0.182)
Misserfolgsbefürchtung	-0.081 (0.327)	-0.026 (0.444)	0.294* (0.049)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 60: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Misserfolgsbefürchtung durch das Kontrollempfinden (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	-0.289 (0.207)	0.224	-0.256
Comfort of Use	-0.119 (0.609)	0.230	-0.097
Transparency	0.444* (0.032)	0.197	0.450
R^2	0.155		
korr. R^2	0.068		
F(3,29)	1.778 (0.173)		

Anmerkungen. N=33. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Ein signifikanter Einfluss der Transparency konnte in einer multiplen linearen Regressionsanalyse ($p=0.032$) lediglich für den Faktor Misserfolgsbefürchtung nachgewiesen werden, wobei eine höhere

Selbsteinschätzung der Systemtransparenz mit um 0.444 höheren Werten dieses FAM-Faktors einhergehen würde (siehe Tabelle 60).

Insgesamt musste die Hypothese somit differenziert beantwortet werden. Der Comfort of Use war insbesondere bei den beiden eher selbstregulierten Plattformversionen Kontrollgruppe und Link Annotation eine wichtige Einflussgröße der aktuellen Motivation, primär für das Interesse und die Herausforderung. Bei der stärker einschränkenden Version Direct Guidance spielte die Systemtransparenz eine entscheidende Rolle, insbesondere für die Einschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit. Bei der Plattformversion Agent war die Transparenz ebenfalls bedeutsam, jedoch adressierte dieser Faktor primär die Misserfolgskomponente der aktuellen Lernmotivation. Insgesamt ergab sich somit über alle vier Plattformversionen keine einheitliche Befundlage und generelle Zusammenhänge und Einflüsse sowie Unterschiede zwischen adaptiven und nicht-adaptiven Plattformversionen konnten nicht nachgewiesen werden.

H3: Je besser die User Experience der adaptiven E-Learning Plattform bewertet wird, desto höher ist die aktuelle Lernmotivation.

Diese Zusammenhangshypothese beruhte auf den Daten des UEQ sowie des FAM. Die Häufigkeitsanalyse der Daten der aktuellen Motivation wurde bereits im Rahmen der zweiten Hypothese durchgeführt. Tabelle 61 vervollständigt die Betrachtung um die UX-Daten.

Tabelle 61: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen des UEQ

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Kontrollgruppe			
Attraktivität (6) ^a	5.53	0.86	0.83
Pragmatische Qualität (12) ^b	5.71	0.64	0.78
Hedonische Qualität (8) ^c	5.02	1.09	0.87
Link Annotation			
Attraktivität (6) ^d	5.78	0.84	
Pragmatische Qualität (12) ^e	5.51	0.72	
Hedonische Qualität (8) ^f	5.39	0.90	
Direct Guidance			
Attraktivität (6) ^g	5.59	0.89	
Pragmatische Qualität (12) ^h	5.61	0.49	
Hedonische Qualität (8) ⁱ	5.17	1.03	
Agent			
Attraktivität (6) ^j	5.68	0.67	
Pragmatische Qualität (12) ^k	5.54	0.52	
Hedonische Qualität (8) ^l	5.25	0.85	

Anmerkungen. N=132. ^a Min=3.33, Max=6.67; ^b Min=3.83, Max=6.58; ^c Min=2.50, Max=6.38; ^d Min=3.83, Max=7.00; ^e Min=3.67, Max=6.75; ^f Min=2.88, Max=6.75; ^g Min=3.00, Max=7.00; ^h Min=4.58, Max=6.50; ⁱ Min=2.38, Max=6.50; ^j Min=4.00, Max=6.00; ^k Min=4.58, Max=6.42; ^l Min=2.38, Max=6.75. Interne Konsistenzen der UEQ-Dimensionen wurden für alle Versionen als Gesamtwert ermittelt

Im Sinne der Übersichtlichkeit wurden in der Tabelle die Faktoren der Dimensionen hedonische und pragmatische Qualität jeweils zusammengefasst und ergänzt um den Faktor Attraktivität für alle vier Plattformversionen dargestellt. Alle Faktoren des UEQ enthielten Items, die vor der Auswertung umgepolzt wurden. Zusätzlich zur Datenauswertung mit SPSS wurde zudem ein zum UEQ gehörendes Excel-Tool genutzt, um die Daten entsprechend zu visualisieren. Die aus dem Excel-Tool extrahierten Diagramme der Plattformversionen finden sich im Anhang A5.3. Entsprechend der Skalenmaxima von 1 bis 7 zeigten sich nach Tabelle 61 durchgehend überdurchschnittliche Werte.

Die Link Annotation-Version wies hinsichtlich der Attraktivität den höchsten Mittelwert auf ($M=5.78$, $SD=0.84$), gefolgt von der Agentenversion ($M=5.68$, $SD=0.67$). Die homogenen Werte dieses Faktors könnten auf das größtenteils identische User Interface aller Versionen zurückzuführen sein. Bei der Kontrollgruppenversion konnten innerhalb der Dimension pragmatische Qualität ($M=5.71$, $SD=0.64$) insbesondere die Faktoren Durchschaubarkeit der Lernplattform ($M=5.88$, $SD=0.88$) sowie deren Effizienz ($M=5.70$, $SD=0.71$) überzeugen. Den geringsten Mittelwert wies diese Version im Faktor Originalität ($M=4.85$, $SD=1.27$) der Dimension hedonische Qualität ($M=5.02$, $SD=1.09$) auf. Die Link Annotation-Version erzielte in der Dimension pragmatische Qualität ($M=5.51$, $SD=0.72$) insgesamt sehr homogene Durchschnittsbewertungen, bei denen keiner der Faktoren besonders hervorstach. Die hedonische Qualität ($M=5.39$, $SD=0.90$) wurde von allen vier Versionen am besten bewertet. Für die Direct Guidance-Version und die Agentenversion ergaben sich ähnliche Befunde, wobei die positive Bewertung des Faktors Durchschaubarkeit ($M=5.68$, $SD=0.55$) bei der Direct Guidance-Version aufgrund der Beschränkung der Navigationsfreiheit durch das System unerwartet war. Bei der Agentenversion war der Faktor Stimulation ($M=5.51$, $SD=0.81$) gegenüber den anderen Versionen positiver ausgeprägt. Die Plattformvarianten erzielten somit insgesamt, unabhängig von der Verwendung einer spezifischen Adaptationstechnik, eine gute UX. Inwiefern signifikante Unterschiede bestanden, wurde im Rahmen der Hypothese 5 untersucht. Die internen Konsistenzen wurden analog zum FAM über alle Versionen ermittelt. Die Cronbachs Alpha-Werte waren für alle Dimensionen des UEQ akzeptabel bis gut.

Befunde der Kontrollgruppenversion

Tabelle 62 zeigt die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen UX und aktueller Motivation der Kontrollgruppenversion in Form einer Korrelationsanalyse nach Pearson. Auffällig waren die durchgehend signifikanten positiven moderaten Korrelationen der UEQ-Faktoren mit dem FAM-Faktor Herausforderung. In besonderem Maße korrelierten Herausforderung und Effizienz ($r=0.603$, $p<0.001$). Ein signifikanter moderater positiver Zusammenhang zeigte sich für Misserfolgsbefürchtung und Attraktivität ($r=0.351$, $p=0.023$). Dies konnte als unerwarteter Befund angesehen werden. Für die anderen beiden FAM-Faktoren Interesse und Erfolgswahrscheinlichkeit konnten keine signifikanten Zusammenhänge mit der UX nachgewiesen werden.

Tabelle 62: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und User Experience der Kontrollgruppenversion

	Interesse	Herausforderung	Erfolgswahrscheinlichkeit	Misserfolgsbefürchtung
Attraktivität	0.110 (0.270)	0.444* (0.005)	-0.059 (0.371)	0.351* (0.023)
Effizienz	-0.050 (0.390)	0.603* (<0.001)	-0.122 (0.249)	0.047 (0.397)
Durchschaubarkeit	-0.002 (0.497)	0.489* (0.002)	-0.028 (0.439)	0.165 (0.179)
Steuerbarkeit	0.190 (0.145)	0.367* (0.018)	0.195 (0.138)	-0.244 (0.086)
Stimulation	0.255 (0.076)	0.384* (0.014)	-0.049 (0.393)	0.285 (0.054)
Originalität	0.119 (0.254)	0.343* (0.025)	-0.108 (0.275)	0.176 (0.163)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Zur Untersuchung möglicher signifikanter Einflüsse der UEQ-Faktoren auf die aktuelle Motivation wurden multiple lineare Regressionsanalysen durchgeführt. Tabelle 63 zeigt die Befunde für den Faktor Herausforderung. Es konnte ein signifikanter Einfluss der UX auf die Herausforderung festgestellt werden, $F(6,26)=2.816$, $p=0.030$. Das Modell zeigte eine moderate Varianzaufklärung mit einem korrigierten $R^2=0.254$. Der bereits bei der Korrelationsanalyse als signifikant identifizierte Faktor Effizienz stellte auch in der Regressionsanalyse einen signifikanten Prädiktor der Herausforderung dar ($p=0.036$). Bei einer höheren Selbsteinschätzung der Effizienz würde die Bewertung der Herausforderung demnach um 0.596 steigen.

Tabelle 63: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Herausforderung durch die User Experience (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Attraktivität	-0.257 (0.366)	0.279	-0.334
Effizienz	0.596* (0.036)	0.269	0.646
Durchschaubarkeit	0.088 (0.680)	0.211	0.118
Steuerbarkeit	-0.017 (0.931)	0.192	-0.017
Stimulation	0.135 (0.450)	0.176	0.222
Originalität	0.025 (0.836)	0.121	0.049
R^2	0.394		
korr. R^2	0.254		
$F(6,26)$	2.816 (0.030)		

Anmerkungen. N=33. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Das Modell zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit (siehe Tabelle 64) zeigte bei moderater Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.197$) keinen signifikanten Einfluss der UX, $F(6,26)=2.311$, $p=0.064$. Auf Faktorenebene konnte jedoch ein signifikanter Einfluss des Faktors Attraktivität festgestellt werden ($p=0.046$). Eine höhere Selbsteinschätzung des Faktors würde mit einer um 1.004 besseren Bewertung der Erfolgswahrscheinlichkeit einhergehen.

Tabelle 64: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch die User Experience (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Attraktivität	1.004* (0.046)	0.480	0.787
Effizienz	-0.277 (0.556)	0.464	-0.181
Durchschaubarkeit	-0.158 (0.666)	0.363	-0.128
Steuerbarkeit	-0.668 (0.054)	0.331	-0.414
Stimulation	0.105 (0.731)	0.302	0.104
Originalität	-0.146 (0.489)	0.208	-0.169
R ²	0.348		
korr. R ²	0.197		
F(6,26)	2.311 (0.064)		

Anmerkungen. N=33. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Befunde der Link Annotation-Version

Tabelle 65 veranschaulicht die Ergebnisse der Korrelationsanalyse der Link Annotation-Version. Es konnten signifikante Korrelationen zwischen der Herausforderung und den UEQ-Faktoren Attraktivität ($r=0.346$, $p=0.024$), Steuerbarkeit ($r=0.392$, $p=0.012$) und Stimulation ($r=0.574$, $p<0.001$) nachgewiesen werden. Darüber hinaus bestand ein signifikanter moderater positiver Zusammenhang zwischen Stimulation und Interesse ($r=0.0321$, $p=0.034$).

Tabelle 65: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und User Experience der Link Annotation-Version

	Interesse	Herausforderung	Erfolgswahrscheinlichkeit	Misserfolgsbefürchtung
Attraktivität	0.110 (0.271)	0.346* (0.024)	0.051 (0.389)	-0.086 (0.317)
Effizienz	0.122 (0.250)	0.290 (0.051)	0.094 (0.302)	0.001 (0.498)
Durchschaubarkeit	0.159 (0.189)	0.238 (0.091)	0.202 (0.130)	-0.136 (0.224)
Steuerbarkeit	0.109 (0.273)	0.392* (0.012)	0.160 (0.186)	-0.098 (0.294)
Stimulation	0.321* (0.034)	0.574* (<0.001)	0.016 (0.464)	-0.150 (0.203)
Originalität	-0.107 (0.278)	0.185 (0.152)	-0.088 (0.314)	0.199 (0.134)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 66: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Herausforderung durch die User Experience (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Attraktivität	-0.310 (0.285)	0.285	-0.320
Effizienz	0.044 (0.844)	0.223	0.048
Durchschaubarkeit	-0.112 (0.562)	0.191	-0.140
Steuerbarkeit	0.280 (0.338)	0.287	0.211
Stimulation	0.561* (0.008)	0.195	0.703
Originalität	0.082 (0.529)	0.129	0.119
R ²	0.378		
korr. R ²	0.235		
F(6,26)	2.634 (0.039)		

Anmerkungen. N=33. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Multiple lineare Regressionsanalysen zeigten lediglich für den FAM-Faktor Herausforderung und die UEQ-Daten einen signifikanten Einfluss, $F(6,26)=2.634$, $p=0.039$, sowie eine moderate Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.235$). In diesem Zusammenhang konnte für die Stimulation ein signifikanter Einfluss auf die Herausforderung nachgewiesen werden ($p=0.008$). Höhere Selbsteinschätzungen der Stimulation würden mit einer um 0.561 höheren Bewertung der Herausforderung einhergehen. Die Ergebnisse der Analyse finden sich in Tabelle 66.

Befunde der Direct Guidance-Version

Die Direct Guidance-Version wies bis auf den Faktor Effizienz ($r=0.256$, $p=0.075$) für alle übrigen UEQ-Faktoren signifikante moderate positive Zusammenhänge mit der Erfolgswahrscheinlichkeit auf (siehe Tabelle 67). Für das Interesse konnte dies in Zusammenhang mit den UEQ-Faktoren Attraktivität ($r=0.464$, $p=0.003$), Durchschaubarkeit ($r=0.299$, $p=0.045$), Stimulation ($r=0.387$, $p=0.013$) und Originalität ($r=0.452$, $p=0.004$) nachgewiesen werden.

Tabelle 67: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und User Experience der Direct Guidance-Version

	Interesse	Herausforderung	Erfolgswahrscheinlichkeit	Misserfolgsbefürchtung
Attraktivität	0.464* (0.003)	0.093 (0.304)	0.320* (0.035)	-0.178 (0.160)
Effizienz	0.278 (0.059)	-0.197 (0.136)	0.256 (0.075)	-0.032 (0.431)
Durchschaubarkeit	0.299* (0.045)	-0.176 (0.164)	0.327* (0.032)	-0.262 (0.070)
Steuerbarkeit	-0.023 (0.448)	-0.030 (0.435)	0.305* (0.042)	-0.081 (0.327)
Stimulation	0.387* (0.013)	-0.082 (0.324)	0.412* (0.009)	-0.067 (0.355)
Originalität	0.452* (0.004)	0.110 (0.271)	0.305* (0.042)	-0.054 (0.383)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Eine Multiple lineare Regressionsanalyse konnte eine moderate Varianzaufklärung in Form eines korrigierten $R^2=0.181$ gemäß der Tabelle 68 für den Einfluss der UX auf das Interesse nachweisen. Das Modell und die einbezogenen Prädiktoren lieferten jedoch keine signifikanten Ergebnisse, $F(6,26)=2.175$, $p=0.078$.

Tabelle 68: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch die User Experience (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Attraktivität	0.402 (0.237)	0.332	0.375
Effizienz	0.309 (0.329)	0.311	0.217
Durchschaubarkeit	0.188 (0.611)	0.365	0.108
Steuerbarkeit	-0.530 (0.111)	0.321	-0.325
Stimulation	-0.060 (0.840)	0.296	-0.066
Originalität	0.150 (0.478)	0.209	0.188
R^2	0.334		
korr. R^2	0.181		
$F(6,26)$	2.175 (0.078)		

Anmerkungen. N=33

Befunde der Agentenversion

Tabelle 69 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse der Agentenversion. Zwischen Interesse und Stimulation ($r=0.449$, $p=0.004$) sowie Originalität ($r=0.306$, $p=0.042$) zeigten sich signifikante moderate positive Zusammenhänge. Für die Erfolgswahrscheinlichkeit und die Stimulation konnte ein signifikanter moderater negativer Zusammenhang ($r=-0.400$, $p=0.011$) nachgewiesen werden.

Tabelle 69: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und User Experience der Agentenversion

	Interesse	Herausforderung	Erfolgswahrscheinlichkeit	Misserfolgsbefürchtung
Attraktivität	0.226 (0.103)	-0.069 (0.351)	-0.096 (0.297)	0.059 (0.374)
Effizienz	-0.169 (0.173)	-0.062 (0.367)	-0.105 (0.281)	-0.058 (0.374)
Durchschaubarkeit	0.251 (0.080)	0.109 (0.272)	-0.254 (0.077)	0.021 (0.453)
Steuerbarkeit	0.239 (0.090)	0.060 (0.370)	-0.054 (0.383)	0.096 (0.298)
Stimulation	0.449* (0.004)	0.186 (0.150)	-0.400* (0.011)	0.275 (0.061)
Originalität	0.306* (0.042)	-0.086 (0.317)	-0.236 (0.093)	0.202 (0.129)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 70: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch die User Experience (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Attraktivität	-0.029 (0.950)	0.466	-0.022
Effizienz	-0.461 (0.063)	0.238	-0.420
Durchschaubarkeit	0.267 (0.477)	0.371	0.204
Steuerbarkeit	0.168 (0.488)	0.345	0.109
Stimulation	0.291 (0.961)	0.303	0.267
Originalität	0.220 (0.307)	0.211	0.272
R^2	0.347		
korrig. R^2	0.196		
F(6,26)	2.298 (0.065)		

Anmerkungen. N=33

Für die Agentenversion konnte mithilfe multipler linearer Regressionsanalysen lediglich für den Faktor Interesse (siehe Tabelle 70) eine moderate Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.196$) nachgewiesen werden, jedoch kein signifikantes Modell, $F(6,26)=2.298$, $p=0.065$.

Analog zum Kontrollempfinden konnten auch für den Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und UEQ keine einheitlichen Befunde nachgewiesen werden. Die Hypothese musste daher differenziert beantwortet werden. Die Herausforderung wurde bei der Kontrollgruppenversion und der Link Annotation-Version signifikant von der UX beeinflusst. Die anderen beiden Plattformvarianten zeigten teilweise signifikante Zusammenhänge zwischen Interesse sowie Erfolgswahrscheinlichkeit und einzelnen UEQ-Faktoren, jedoch keine eindeutigen Tendenzen. Die UX eignete sich demnach nur bedingt zur Vorhersage der aktuellen Motivation.

H4: Je höher die Technologieakzeptanz bezüglich der adaptiven E-Learning Plattform ausgeprägt ist, desto höher ist die aktuelle Lernmotivation.

Tabelle 71 zeigt die Häufigkeitsanalyse der Technologieakzeptanz. Die interne Konsistenz wurde für die gesamte Stichprobe untersucht und wies einen guten Wert auf (Cronbachs $\alpha=0.86$). Der übernommene Fragebogen konnte somit die Aspekte des Technologieakzeptanzmodells angemessen abbilden und entsprach in etwa den erzielten Werten der zugehörigen Veröffentlichung (Olbrecht 2010, S. 110).

Tabelle 71: Skalenmittelwerte und Standardabweichungen der Faktoren der Technologieakzeptanz

Skala (Itemanzahl)	M	SD
Kontrollgruppe		
Intention (2) ^a	3.23	1.36
Wahrgenommener Nutzen (4) ^b	3.09	1.30
Wahrgenommene Bedienbarkeit (4) ^c	4.05	0.80
Link Annotation		
Intention (2) ^d	3.61	1.27
Wahrgenommener Nutzen (4) ^e	3.22	1.30
Wahrgenommene Bedienbarkeit (4) ^f	3.81	0.74
Direct Guidance		
Intention (2) ^g	3.77	1.13
Wahrgenommener Nutzen (4) ^h	3.63	1.00
Wahrgenommene Bedienbarkeit (4) ⁱ	3.88	0.52
Agent		
Intention (2) ^j	3.68	1.10
Wahrgenommener Nutzen (4) ^k	3.30	1.17
Wahrgenommene Bedienbarkeit (4) ^l	3.95	0.59

Anmerkungen. N=132. ^a Min=1.00, Max=5.00; ^b Min=1.00, Max=5.00; ^c Min=1.00, Max=5.00; ^d Min=1.00, Max=5.00; ^e Min=1.00, Max=5.00; ^f Min=2.25, Max=5.00; ^g Min=1.00, Max=5.00; ^h Min=1.00, Max=5.00; ⁱ Min=3.00, Max=5.00; ^j Min=1.00, Max=5.00; ^k Min=1.00, Max=5.00; ^l Min=2.25, Max=5.00

Entsprechend der Skalenmaxima von 1 bis 5 wurde deutlich, dass über alle vier Plattformversionen hinweg die wahrgenommene Bedienbarkeit am positivsten eingeschätzt wurde. Dahingehend stachen besonders die Kontrollgruppenversion ($M=4.05$, $SD=0.80$) und die Agentenversion ($M=3.95$, $SD=0.59$) hervor und somit die Versionen, die das höchste Maß an Freiheiten hinsichtlich der Bedienung ermöglichten. Zustimmung fanden insbesondere Aussagen, dass NanoTecLearn an sich leicht zu bedienen war und problemlos die gewünschten Interaktionen umsetzte. Der wahrgenommene Nutzen wurde in allen Plattformversionen am schlechtesten bewertet, jedoch insgesamt ebenfalls oberhalb des Skalenmittelpunkts. Den höchsten Wert erzielte die Direct Guidance-Version ($M=3.63$, $SD=1.00$). Hinsichtlich der Intention wurde insbesondere der Aussage zugestimmt, dass die Studierenden die Lernplattform nutzen würden, falls sie im Studium den entsprechenden Zugang hätten. Insgesamt konnte von einer vorhandenen Technologieakzeptanz hinsichtlich der Lernplattform und über alle Versionen hinweg ausgegangen werden.

Befunde der Kontrollgruppenversion

Tabelle 72 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Pearson für die Kontrollgruppenversion. Das Interesse wies signifikante moderate positive Korrelationen mit den Faktoren der Technologieakzeptanz auf, insbesondere mit der Intention ($r=0.555$, $p<0.001$). Eine hohe Akzeptanz der Lernplattform schien somit mit einem gesteigerten situativen Interesse einherzugehen. Für die Faktoren Herausforderung und Erfolgswahrscheinlichkeit konnten keine signifikanten Korrelationen nachgewiesen werden. Die Misserfolgsbefürchtung korrelierte lediglich mit der Intention signifikant positiv ($r=0.293$, $p=0.049$).

Tabelle 72: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Technologieakzeptanz der Kontrollgruppenversion

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Interesse	0.555* (<0.001)	0.350* (0.023)	0.303* (0.043)
Herausforderung	0.014 (0.469)	-0.066 (0.357)	-0.063 (0.364)
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.024 (0.446)	-0.045 (0.402)	0.185 (0.152)
Misserfolgsbefürchtung	0.293* (0.049)	0.267 (0.066)	0.117 (0.259)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 73: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch die Technologieakzeptanz (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.471* (0.011)	0.175	0.720
Nutzen	-0.167 (0.342)	0.173	-0.244
Bedienbarkeit	0.081 (0.669)	0.187	0.072
R^2	0.336		
korr. R^2	0.267		
F(3,29)	4.891 (0.007)		

Anmerkungen. N=33. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Multiple lineare Regressionsanalysen wurden zur Überprüfung möglicher signifikanter Einflüsse der Technologieakzeptanz auf die aktuelle Motivation durchgeführt. Für den Faktor Interesse (siehe Tabelle 73) konnte ein signifikanter Einfluss, $F(3,29)=4.891$, $p=0.007$, und mit einem korrigierten $R^2=0.267$ zudem eine moderate Varianzaufklärung nachgewiesen werden. Signifikant wirkte lediglich der Faktor Intention ($p=0.011$), wobei eine höhere Selbsteinschätzung der Nutzungsintention mit einer um 0.471 höheren Bewertung des Interesses einhergehen würde.

Befunde der Link Annotation-Version

Es konnten lediglich für die Faktoren Interesse und Herausforderung in Kombination mit der Intention und der wahrgenommenen Bedienbarkeit signifikante Werte erzielt werden (siehe Tabelle 74). Die leistungsthematischen Aspekte der aktuellen Motivation wurden von der Technologieakzeptanz nicht signifikant beeinflusst.

Tabelle 74: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Technologieakzeptanz der Link Annotation-Version

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Interesse	0.485* (0.002)	0.249 (0.081)	0.325* (0.033)
Herausforderung	0.315* (0.037)	0.099 (0.291)	0.343* (0.025)
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.176 (0.164)	0.254 (0.077)	0.154 (0.196)
Misserfolgsbefürchtung	-0.168 (0.174)	-0.157 (0.192)	-0.041 (0.409)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Multiple lineare Regressionsanalysen zeigten lediglich einen signifikanten Einfluss der Technologieakzeptanz auf den FAM-Faktor Interesse (siehe Tabelle 75), $F(3,29)=4.467$, $p=0.011$. Mit einem korrigierten $R^2=0.245$ konnte eine moderate Varianzaufklärung erzielt werden. Als signifikanter Faktor konnte in Übereinstimmung mit den Befunden der Kontrollgruppe die Intention ($p=0.022$) identifiziert werden, wobei eine höhere Selbsteinschätzung zu einer um 0.587 höheren Bewertung des Interesses führen würde.

Tabelle 75: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.587* (0.022)	0.243	0.580
Nutzen	-0.167 (0.486)	0.237	-0.169
Bedienbarkeit	0.416 (0.148)	0.280	0.238
R^2	0.315		
korr. R^2	0.245		
$F(3,29)$	4.467 (0.011)		

Anmerkungen. N=33. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Befunde der Direct Guidance-Version

Für die leistungsthematischen FAM-Faktoren konnten keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden (siehe Tabelle 76). Der Faktor Interesse wies signifikante Zusammenhänge mit allen Faktoren der Technologieakzeptanz auf, insbesondere mit der Intention ($r=0.405$, $p=0.010$). Die Herausforderung korrelierte mit der Intention ($r=0.441$, $p=0.005$) und dem wahrgenommenen Nutzen ($r=0.320$, $p=0.035$) signifikant positiv.

Tabelle 76: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Technologieakzeptanz der Direct Guidance-Version

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Interesse	0.405* (0.010)	0.304* (0.043)	0.327* (0.032)
Herausforderung	0.441* (0.005)	0.320* (0.035)	0.072 (0.346)
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.132 (0.232)	0.205 (0.126)	0.113 (0.266)
Misserfolgsbefürchtung	-0.014 (0.470)	-0.040 (0.413)	0.209 (0.122)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Multiple lineare Regressionsanalysen bestätigten den signifikanten Einfluss der Technologieakzeptanz auf das Interesse (Tabelle 77), $F(3,29)=2.937$, $p=0.050$. Mit einem korrigierten $R^2=0.154$ lag eine moderate Varianzaufklärung vor. Auf Faktorenebene konnten keine signifikanten Einflüsse nachgewiesen werden.

Tabelle 77: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.341 (0.104)	0.203	0.403
Nutzen	-0.059 (0.802)	0.232	-0.062
Bedienbarkeit	0.495 (0.118)	0.307	0.271
R^2	0.233		
korr. R^2	0.154		
$F(3,29)$	2.937 (0.050)		

Anmerkungen. N=33

Befunde der Agentenversion

Tabelle 78 zeigt die Korrelationsanalyse der Agentenversion. Bei dieser Plattformversion konnten für keine der Kombinationen signifikante Zusammenhänge nachgewiesen werden. Insgesamt zeigte sich analog zu den anderen beiden Bestandteilen der Learning Experience ein differenziertes Bild. Die Technologieakzeptanz beeinflusste insbesondere das Interesse und teilweise die Herausforderung. Dies galt primär für die Plattformversionen Kontrollgruppe und Link Annotation. Die leistungsthematischen Faktoren der aktuellen Motivation wurden von der Technologieakzeptanz gar nicht beeinflusst. Da die Agentenversion sich hinsichtlich der Befunde deutlich von den anderen drei Plattformvarianten unterschied, konnte nicht von einem generellen Einfluss der Technologieakzeptanz auf die aktuelle Motivation ausgegangen werden.

Tabelle 78: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Technologieakzeptanz der Agentenversion

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Interesse	0.102 (0.286)	0.058 (0.374)	0.046 (0.399)
Herausforderung	0.068 (0.353)	-0.016 (0.465)	0.026 (0.443)
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.096 (0.297)	0.266 (0.067)	0.005 (0.490)
Misserfolgsbefürchtung	0.268 (0.065)	0.138 (0.221)	0.067 (0.356)

Anmerkungen. N=33

Die Hypothese konnte teilweise bestätigt werden, da die nachgewiesenen signifikanten Zusammenhänge allesamt positiv waren. Die zweite Forschungsfrage der Adaptationstechniken Vergleichsstudie konnte somit dahingehend beantwortet werden, dass die Learning Experience die aktuelle Motivation teilweise beeinflusste. Zusammenhänge und Einflüsse konnten besonders für die Faktoren Interesse und Herausforderung, das heißt die primär für das selbstregulierte Lernen bedeutsamen Aspekte der aktuellen Motivation (Rheinberg et al. 2001, S. 10), nachgewiesen werden.

Die Befunde waren für die Bestandteile der Learning Experience über die vier Plattformversionen insgesamt nicht generalisierbar. Es konnte gezeigt werden, dass die UX gut bewertet wurde und eine hohe Technologieakzeptanz vorhanden war. Das Kontrollempfinden wies hinsichtlich der Transparenz der Adaptationstechniken jedoch Verbesserungspotenzial auf. Die dritte Forschungsfrage (siehe Tabelle 3 in Abschnitt 4.2) widmete sich der Untersuchung möglicher signifikanter Unterschiede in der Bewertung der Learning Experience der vier Systemvarianten (Hypothese 5). Die Beantwortung der Hypothese 6 bezog die finale adaptive Plattformversion mit ein und erfolgte daher erst nach der Durchführung der Usability-Studie (siehe Abschnitt 7.3.2).

H5: Es zeigen sich signifikante Unterschiede in der Learning Experience zwischen den adaptiven Systemvarianten und der Kontrollgruppe.

Zur Identifikation möglicher signifikanter Unterschiede wurden einfaktorielle Varianzanalysen mit anschließenden Post-Hoc Tests (Janssen und Laatz 2017, S. 353–356) für alle drei Bestandteile der Learning Experience durchgeführt.

Befunde der Technologieakzeptanz

Hinsichtlich der Technologieakzeptanz unterschied sich der Faktor Intention zwischen den vier Plattformversionen nicht signifikant, $F(3,128)=1.271$, $p=0.287$. Auf weiterführende Post-Hoc-Tests wurde daher verzichtet. Für den Faktor wahrgenommener Nutzen konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede identifiziert werden, $F(3,128)=1.202$, $p=0.312$. Die Direct Guidance-Version wies für beide Faktoren die höchsten Mittelwerte auf. Diese unterschieden sich jedoch nicht signifikant von den übrigen Plattformversionen. Für den Faktor wahrgenommene Bedienbarkeit zeigten sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede, $F(3,128)=0.793$, $p=0.500$. Für diesen Faktor der Technologieakzeptanz waren die Mittelwerte insgesamt sehr ähnlich und somit konnte von einer allgemein hohen Benutzerfreundlichkeit der Plattformversionen ausgegangen werden. Eine hohe Technologieakzeptanz war demnach für alle Plattformversionen gegeben und wurde zudem nicht von den Adaptationstechniken signifikant beeinflusst.

Befunde der User Experience

Der UX-Faktor Attraktivität wies keine signifikanten Unterschiede zwischen den Plattformversionen auf, $F(3,128)=0.588$, $p=0.624$. Analog zur wahrgenommenen Bedienbarkeit der Technologieakzeptanz zeigten auch die Mittelwerte dieses UEQ-Faktors kaum erkennbare Unterschiede. Da die adaptiven Komponenten der drei Systemvarianten die Benutzeroberfläche der Lernplattform lediglich minimal veränderten, war von einer merklichen Veränderung der Einschätzung der Attraktivität der Lernplattform nicht auszugehen. Für die pragmatische Qualität und somit die Usability-Aspekte des UEQ zeigten sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede, $F(3,128)=0.705$, $p=0.550$. Der Mittelwert

der Kontrollgruppenversion ($M=5.71$, $SD=0.64$) war höher als die durchschnittlichen Bewertungen der adaptiven Systemvarianten. Die Benutzerführung der Lernplattform konnte somit durch die Adaptationstechniken nicht verbessert werden. Es zeigte sich insgesamt aber auch keine signifikante Verschlechterung der Steuerbarkeit, Effizienz und Durchschaubarkeit aufgrund der Implementierung der adaptiven Navigationstechniken. Für die Dimension hedonische Qualität konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden, $F(3,128)=0.847$, $p=0.471$. Die Kontrollgruppenversion ($M=5.02$, $SD=1.09$) wurde geringfügig schlechter als die adaptiven Systemvarianten bewertet. Insgesamt wiesen alle vier Plattformversionen eine gute UX auf und die Implementierung der Adaptationstechniken hatte keine signifikanten Auswirkungen auf die Bewertung des allgemeinen Benutzungserlebnisses.

Befunde des Kontrollempfindens

Hinsichtlich des Kontrollempfindens wies die Kontrollgruppenversion den höchsten Mittelwert für den Faktor Controllability auf ($M=4.36$, $SD=0.63$). Die ANOVA konnte zeigen, dass die Unterschiede zu den adaptiven Systemvarianten signifikant waren, $F(3,127)=3.838$, $p=0.011$. Anschließende Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche zeigten, dass sich die Controllability zwischen der Kontrollgruppenversion und der Direct Guidance-Version ($p=0.018$, 95%-KI[0.06, 1.03]) sowie der Agentenversion ($p=0.018$, 95%-KI[0.02, 0.98]) signifikant unterschied. Die empfundene Kontrollierbarkeit der nicht-adaptiven Plattformversion war somit signifikant besser im Vergleich zur einschränkenden Direct Guidance-Variante. Ein unerwarteter Befund war, dass die Agentenversion, die den Benutzern ebenfalls ein hohes Maß an Freiheitsgraden gewährte, signifikant schlechter eingeschätzt wurde als die Kontrollgruppenversion. Die Link Annotation-Version wurde besser als die beiden anderen adaptiven Varianten bewertet, jedoch ebenfalls schlechter als die nicht-adaptive Version. Die Einschränkung der Freiheitsgrade der Benutzer hatte demnach einen negativen Effekt auf die Einschätzung Kontrollierbarkeit der Lernplattform. Für den Faktor Comfort of Use konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, $F(3,127)=0.478$, $p=0.698$. Alle vier Plattformversionen wiesen für diesen Faktor hohe Mittelwerte auf, wobei die Kontrollgruppenversion analog zum Faktor Controllability den höchsten Wert erzielte ($M=4.21$, $SD=0.69$). Die Transparency wurde lediglich für die drei adaptiven Systemvarianten abgefragt. Einen unerwarteten Befund stellte die Bewertung der Direct Guidance-Version dar ($M=3.15$, $SD=0.96$), die einen höheren Transparency-Mittelwert als die anderen beiden Adaptationstechniken aufwies. Signifikante Unterschiede konnten jedoch nicht nachgewiesen werden, $F(2,95)=1.349$, $p=0.264$. Die Einschätzung der Systemtransparenz war somit bei allen drei Adaptationstechniken moderat ausgeprägt. Hinsichtlich des Kontrollempfinden konnten die adaptiven Plattformversionen insgesamt nur bedingt überzeugen, da die Kontrollgruppe jeweils höhere Mittelwerte aufwies und der Faktor Controllability signifikant besser bewertet wurde als bei den Adaptationstechniken Direct Guidance und Agent.

Die zugehörige Forschungsfrage konnte erst nach Durchführung der Usability-Studie mit dem finalen AEHS beantwortet werden. Die Befunde deuteten jedoch an, dass die Technologieakzeptanz und UX von den Adaptationstechniken nicht signifikant beeinflusst wurden und das Kontrollempfinden der nicht-adaptiven Ausgangsversion teilweise signifikant besser als bei den adaptiven Systemvarianten war. Von den Verantwortlichen der Entwicklung von NanoTecLearn wurden als Ergänzung der Befunde der Vergleichsstudie die Ergebnisse eines projektinternen Usability Tests mit der Plattformversion der Motivationsstudie 1 zur Verfügung gestellt. Diese Erhebung mit 33 Probanden aus dem Jahr 2017 fragte die UX ebenfalls mithilfe des UEQ ab. Abbildung 82 im Anhang A5.3 zeigt die Visualisierung der Daten. Erkennbar war, dass die vier Plattformvarianten der Vergleichsstudie in allen Faktoren besser abschnitten, insbesondere hinsichtlich der Steuerbarkeit, Durchschaubarkeit und Effizienz. Die pragmatische Qualität konnte demnach durch die Weiterentwicklung von NanoTecLearn merklich gesteigert werden. Die vierte Forschungsfrage der Vergleichsstudie untersuchte, inwiefern sich die drei Bestandteile der Learning Experience der vier Plattformversionen gegenseitig beeinflussten.

H7: Je höher die Technologieakzeptanz über die verschiedenen Versionen hinweg ausgeprägt ist, desto besser ist die User Experience.

Befunde der Kontrollgruppenversion

Tabelle 79 zeigt die Korrelationsanalyse nach Pearson für die Kontrollgruppenversion. Der UEQ-Faktor Stimulation wies signifikante positive Korrelationen mit allen drei Faktoren der Technologieakzeptanz auf, insbesondere mit der Intention ($r=0.590$, $p<0.001$) und dem wahrgenommenen Nutzen ($r=0.524$, $p=0.001$). Die Attraktivität korrelierte signifikant positiv mit der Intention ($r=0.432$, $p=0.006$) und dem wahrgenommenen Nutzen ($r=0.330$, $p=0.030$). Dies galt auch für die Kombination der beiden Faktoren mit der Steuerbarkeit ($r=0.335$, $p=0.028$ sowie $r=0.305$, $p=0.042$). Die wahrgenommene Bedienbarkeit korrelierte mit der Stimulation signifikant positiv ($r=0.338$, $p=0.027$) und die Originalität mit der Intention ($r=0.307$, $p=0.041$). Für die UEQ-Faktoren Effizienz und Durchschaubarkeit der pragmatischen Qualität konnten keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden.

Tabelle 79: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und User Experience der Kontrollgruppenversion

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Attraktivität	0.432* (0.006)	0.330* (0.030)	0.246 (0.084)
Effizienz	0.115 (0.262)	0.042 (0.408)	0.118 (0.257)
Durchschaubarkeit	0.277 (0.059)	0.161 (0.185)	0.271 (0.064)
Steuerbarkeit	0.335* (0.028)	0.305* (0.042)	0.212 (0.118)
Stimulation	0.590* (<0.001)	0.524* (0.001)	0.338* (0.027)
Originalität	0.307* (0.041)	0.208 (0.123)	0.109 (0.274)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 80: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch die Technologieakzeptanz (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.323 (0.130)	0.207	0.405
Nutzen	0.138 (0.505)	0.205	0.166
Bedienbarkeit	0.171 (0.448)	0.222	0.125
R^2	0.368		
korr. R^2	0.303		
F(3,29)	5.636 (0.004)		

Anmerkungen. N=33

Multiple lineare Regressionsanalysen zeigten weiterführend, dass lediglich der UEQ-Faktor Stimulation von der Technologieakzeptanz signifikant beeinflusst wurde, $F(3,29)=5.636$, $p=0.004$. Das korrigierte $R^2=0.303$ zeigte eine gute Varianzaufklärung. Auf Faktorebene konnten jedoch keine signifikanten Einflüsse nachgewiesen werden (siehe Tabelle 80).

Befunde der Link Annotation-Version

Für die Link Annotation-Version zeigte sich im Rahmen der Korrelationsanalyse (siehe Tabelle 81), dass zwischen der Attraktivität und allen Faktoren der Technologieakzeptanz signifikante positive Zusammenhänge bestanden. Dies galt insbesondere für die wahrgenommene Bedienbarkeit ($r=0.417$, $p=0.008$). Mit diesem Akzeptanzfaktor zeigten sich zudem signifikante hohe positive Zusammenhänge mit der Effizienz ($r=0.642$, $p<0.001$), der Durchschaubarkeit ($r=0.748$, $p<0.001$) und der Stimulation ($r=0.527$, $p=0.001$). Für die Intention konnte neben dem Zusammenhang mit der Attraktivität eine signifikante positive Korrelation mit der Stimulation ($r=0.509$, $p=0.001$) nachgewiesen werden.

Tabelle 81: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und User Experience der Link Annotation-Version

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Attraktivität	0.386* (0.013)	0.337* (0.028)	0.417* (0.008)
Effizienz	0.283 (0.055)	0.198 (0.135)	0.642* (<0.001)
Durchschaubarkeit	0.115 (0.262)	-0.025 (0.445)	0.748* (<0.001)
Steuerbarkeit	0.096 (0.298)	0.110 (0.271)	0.243 (0.087)
Stimulation	0.509* (0.001)	0.245 (0.085)	0.527* (0.001)
Originalität	0.132 (0.231)	0.338* (0.027)	0.209 (0.122)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Multiple lineare Regressionsanalysen konnten signifikante Einflüsse der Technologieakzeptanz auf alle UEQ-Faktoren, außer der Steuerbarkeit, nachweisen. Die Attraktivität (korrigiertes $R^2=0.244$) wurde von der Bedienbarkeit signifikant beeinflusst, $F(3,29)=4.436$, $p=0.011$ (siehe Tabelle 82). Eine höhere Einschätzung dieses Faktors würde zu einer um 0.474 höheren Bewertung der Attraktivität führen.

Tabelle 82: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Attraktivität durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.089 (0.580)	0.158	0.135
Nutzen	0.170 (0.279)	0.154	0.264
Bedienbarkeit	0.474* (0.014)	0.182	0.417
R ²	0.315		
korr. R ²	0.244		
F(3,29)	4.436 (0.011)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 83: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Effizienz durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.027 (0.851)	0.145	0.040
Nutzen	0.142 (0.322)	0.141	0.212
Bedienbarkeit	0.771* (<0.001)	0.166	0.651
R ²	0.471		
korr. R ²	0.417		
F(3,29)	8.616 (<0.001)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die wahrgenommene Bedienbarkeit beeinflusste die UEQ-Faktoren Effizienz und Durchschaubarkeit signifikant ($p<0.001$) (siehe Tabellen 83 und 84). Bei einer höheren Einschätzung des Faktors würden die Bewertungen der beiden UEQ-Faktoren um 0.771 sowie 1.036 steigen. Beide Modelle lieferten mit korrigiertem $R^2=0.417$ und $R^2=0.514$ zudem hohe Varianzaufklärungen. Die wahrgenommene Bedienbarkeit erwies sich somit als wichtiger Prädiktor der pragmatischen Qualität der UX.

Tabelle 84: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	-0.003 (0.986)	0.154	-0.003
Nutzen	0.022 (0.886)	0.150	0.028
Bedienbarkeit	1.036 * (<0.001)	0.177	0.750
R ²	0.559		
korr. R ²	0.514		
F(3,29)	12.277 (<0.001)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die Stimulation (siehe Tabelle 85) wurde ebenfalls signifikant von der Technologieakzeptanz beeinflusst, $F(3,29)=9.029$, $p<0.001$. Das Modell zeigte eine hohe Varianzaufklärung in Form eines korrigierten $R^2=0.429$. Auf Faktorenebene wirkten die Intention ($p=0.013$) und die wahrgenommene Bedienbarkeit ($p=0.003$) signifikant.

Tabelle 85: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.446* (0.013)	0.167	0.556
Nutzen	-0.111 (0.502)	0.163	-0.141
Bedienbarkeit	0.616 * (0.003)	0.193	0.445
R^2	0.483		
korr. R^2	0.429		
F(3,29)	9.029 (<0.001)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Auch die Originalität wurde signifikant von der Technologieakzeptanz beeinflusst, $F(3,29)=2.938$, $p=0.050$. Die Varianzaufklärung war mit einem korrigierten $R^2=0.154$ moderat. Der wahrgenommene Nutzen stellte den einzigen signifikanten Prädiktor ($p=0.015$) dar. Eine höhere Selbsteinschätzung würde in einer um 0.597 höheren Bewertung der Originalität resultieren (siehe Tabelle 86). Für die Link Annotation-Version wurde die hedonische Qualität somit signifikant von der Technologieakzeptanz beeinflusst.

Tabelle 86: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Originalität durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	-0.370 (0.129)	0.236	-0.398
Nutzen	0.597* (0.015)	0.230	0.657
Bedienbarkeit	0.489 (0.082)	0.272	0.305
R^2	0.233		
korr. R^2	0.154		
F(3,29)	2.938 (0.050)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Befunde der Direct Guidance-Version

Tabelle 87 zeigt die Befunde der Korrelationsanalyse für die Direct Guidance-Version. Analog zur Link Annotation-Version zeigte sich ein, bis auf die Steuerbarkeit, durchgängig signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der Bedienbarkeit und den UEQ-Faktoren, insbesondere für die Durchschaubarkeit ($r=0.609$, $p<0.001$). Der wahrgenommene Nutzen korrelierte, mit Ausnahme der Effizienz und Steuerbarkeit, ebenfalls mit allen anderen UEQ-Faktoren signifikant positiv, wobei die Attraktivität den höchsten Wert aufwies ($r=0.437$, $p=0.005$). Die Intention zeigte signifikante Zusammenhänge mit den UEQ-Faktoren Attraktivität ($r=0.569$, $p<0.001$), Stimulation ($r=0.472$, $p=0.003$) und Originalität ($r=0.442$, $p=0.005$).

Tabelle 87: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und User Experience der Direct Guidance-Version

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Attraktivität	0.569* (<0.001)	0.437* (0.005)	0.328* (0.031)
Effizienz	0.259 (0.073)	0.252 (0.079)	0.478* (0.002)
Durchschaubarkeit	0.183 (0.155)	0.293* (0.049)	0.609* (<0.001)
Steuerbarkeit	0.025 (0.446)	0.160 (0.187)	0.217 (0.112)
Stimulation	0.472* (0.003)	0.390* (0.012)	0.444* (0.005)
Originalität	0.442* (0.005)	0.381* (0.014)	0.312* (0.038)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Multiple lineare Regressionsanalysen konnten diese Befunde für alle UEQ-Faktoren, mit Ausnahme der Steuerbarkeit, bestätigen. Die Attraktivität wurde insbesondere durch den Faktor Intention signifikant beeinflusst ($p=0.018$), wobei eine höhere Selbsteinschätzung mit einer um 0.431 besseren Bewertung der Attraktivität einhergehen würde. Das Modell lieferte zudem insgesamt signifikante Ergebnisse, $F(3,29)=5.852$, $p=0.003$, und zeigte eine moderate Varianzaufklärung in Form eines korrigierten $R^2=0.313$ (siehe Tabelle 88).

Tabelle 88: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Attraktivität durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.431* (0.018)	0.171	0.544
Nutzen	-0.021 (0.914)	0.196	-0.024
Bedienbarkeit	0.406 (0.127)	0.258	0.238
R^2	0.377		
korr. R^2	0.313		
$F(3,29)$	5.852 (0.003)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 89: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Effizienz durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.103 (0.469)	0.140	0.173
Nutzen	0.007 (0.965)	0.160	0.010
Bedienbarkeit	0.568* (0.012)	0.211	0.444
R^2	0.260		
korr. R^2	0.183		
$F(3,29)$	3.391 (0.031)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die UEQ-Faktoren Effizienz und Durchschaubarkeit (siehe Tabellen 89 und 90) der pragmatischen Qualität wurden erwartungsgemäß von der wahrgenommenen Bedienbarkeit signifikant beeinflusst ($p=0.012$ sowie $p=0.001$). Höhere Selbsteinschätzungen würden in diesem Fall mit einer steigenden Einschätzung der beiden Faktoren um 0.568 sowie 0.599 einhergehen. Die Gesamtmodelle lieferten ebenfalls signifikante Ergebnisse, $F(3,29)=3.391$, $p=0.031$ sowie $F(3,29)=6.230$, $p=0.002$. Darüber

hinaus ergaben sich unter Einbeziehung des korrigierten $R^2=0.183$ sowie $R^2=0.329$ moderate Varianzaufklärungen. Die Benutzerfreundlichkeit der Lernplattform war somit ein entscheidender Prädiktor für die pragmatische Qualität der Direct Guidance-Version.

Tabelle 90: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	-0.027 (0.796)	0.104	-0.056
Nutzen	0.102 (0.398)	0.119	0.187
Bedienbarkeit	0.599* (0.001)	0.157	0.571
R^2	0.392		
korr. R^2	0.329		
F(3,29)	6.230 (0.002)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die beiden Faktoren Stimulation und Originalität (siehe Tabellen 91 und 92) der hedonischen Qualität wurden ebenfalls signifikant von der Technologieakzeptanz beeinflusst, $F(3,29)=5.373$, $p=0.005$ sowie $F(3,29)=3.276$, $p=0.035$. Für beide Modelle ergaben sich moderate Varianzaufklärungen (korrigiertes $R^2=0.391$ sowie $R^2=0.176$). Auf Faktorenebene zeigten sich bei der Originalität keine signifikanten Einflüsse, bei der Stimulation wirkte die Bedienbarkeit signifikant ($p=0.022$) in Form einer um 0.746 höheren Selbsteinschätzung des Faktors.

Tabelle 91: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.384 (0.070)	0.204	0.413
Nutzen	-0.011 (0.964)	0.233	-0.010
Bedienbarkeit	0.746* (0.022)	0.308	0.374
R^2	0.357		
korr. R^2	0.291		
F(3,29)	5.373 (0.005)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 92: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Originalität durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.379 (0.142)	0.251	0.357
Nutzen	0.069 (0.811)	0.287	0.058
Bedienbarkeit	0.534 (0.169)	0.379	0.234
R^2	0.253		
korr. R^2	0.176		
F(3,29)	3.276 (0.035)		

Anmerkungen. N=33

Befunde der Agentenversion

Tabelle 93 zeigt die Korrelationsanalyse der Agentenversion. Analog zu den Befunden vorheriger Hypothesen konnten auch in diesem Fall insgesamt weniger signifikante Zusammenhänge nachgewiesen werden. Die wahrgenommene Bedienbarkeit erwies sich wiederholt als bedeutsamer Faktor und korrelierte signifikant positiv mit den UEQ-Faktoren (Ausnahmen bildeten die Effizienz und Originalität). Hohe signifikante positive Zusammenhänge konnten z.B. für die Durchschaubarkeit ($r=0.624$, $p<0.001$), die Attraktivität ($r=0.541$, $p=0.001$) und die Steuerbarkeit ($r=0.524$, $p=0.001$) nachgewiesen werden. Die Stimulation zeigte zudem hinsichtlich der Intention ($r=0.374$, $p=0.016$) und des wahrgenommenen Nutzens ($r=0.315$, $p=0.037$) signifikante positive Zusammenhänge. Die Originalität zeigte in Übereinstimmung mit den anderen Plattformversionen, außer Link Annotation, einen signifikanten Zusammenhang mit dem Akzeptanzfaktor Intention ($r=0.323$, $p=0.033$).

Tabelle 93: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und User Experience der Agentenversion

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Attraktivität	0.078 (0.333)	0.120 (0.253)	0.541* (0.001)
Effizienz	0.007 (0.484)	0.188 (0.147)	0.271 (0.063)
Durchschaubarkeit	0.086 (0.316)	0.093 (0.303)	0.623* (<0.001)
Steuerbarkeit	-0.040 (0.412)	0.049 (0.394)	0.524* (0.001)
Stimulation	0.374* (0.016)	0.315* (0.037)	0.447* (0.005)
Originalität	0.323* (0.033)	0.281 (0.056)	0.036 (0.421)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Multiple lineare Regressionsanalysen konnten signifikante Einflüsse der Technologieakzeptanz auf die UX für die Faktoren Attraktivität, Durchschaubarkeit, Steuerbarkeit und Stimulation nachweisen. Demnach wurden alle drei Dimensionen des UEQ, zumindest teilweise, signifikant von der Technologieakzeptanz beeinflusst. Die Attraktivität wurde signifikant durch die wahrgenommene Bedienbarkeit beeinflusst ($p=0.002$), wobei eine höhere Selbsteinschätzung in einer um 0.631 höheren Bewertung dieses UEQ-Faktors resultieren würde (siehe Tabelle 94). Das Modell zeigte mit einem korrigierten $R^2=0.222$ eine moderate Varianzaufklärung und lieferte insgesamt signifikante Ergebnisse, $F(3,29)=4.039$, $p=0.016$.

Tabelle 94: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Attraktivität durch die Technologieakzeptanz (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.011 (0.940)	0.148	0.018
Nutzen	-0.033 (0.820)	0.143	-0.057
Bedienbarkeit	0.631* (0.002)	0.186	0.555
R^2	0.295		
korr. R^2	0.222		
$F(3,29)$	4.039 (0.016)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Die Faktoren Durchschaubarkeit und Steuerbarkeit (siehe Tabellen 95 und 96) der pragmatischen Qualität des UEQ wurden signifikant positiv (Koeffizienten 0.749 und 0.538) durch die Bedienbarkeit beeinflusst ($p<0.001$ und $p=0.002$). Beide Modelle zeigten eine moderate Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.338$ und $R^2=0.222$) und signifikante Ergebnisse, $F(3,29)=6.454$, $p=0.002$ und $F(3,29)=4.036$, $p=0.016$. Die Benutzerfreundlichkeit war auch bei dieser Plattformvariante ein entscheidender Prädiktor der pragmatischen Qualität.

Tabelle 95: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch die Technologieakzeptanz (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.059 (0.670)	0.137	0.096
Nutzen	-0.100 (0.458)	0.133	-0.173
Bedienbarkeit	0.749* (<0.001)	0.172	0.656
R^2	0.400		
korr. R^2	0.338		
$F(3,29)$	6.454 (0.002)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 96: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Steuerbarkeit durch die Technologieakzeptanz (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	-0.071 (0.578)	0.127	-0.137
Nutzen	-0.004 (0.972)	0.123	-0.009
Bedienbarkeit	0.538* (0.002)	0.159	0.552
R^2	0.295		
korr. R^2	0.222		
$F(3,29)$	4.036 (0.016)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Für die Stimulation konnten eine moderate Varianzaufklärung (korrigierten $R^2=0.216$) und signifikante Ergebnisse nachgewiesen werden, $F(3,29)=3.932$, $p=0.018$. Die wahrgenommene Bedienbarkeit wirkte als signifikante Einflussgröße ($p=0.020$) und würde in einer um 0.555 höheren Selbsteinschätzung der Stimulation resultieren (siehe Tabelle 97).

Tabelle 97: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch die Technologieakzeptanz (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.263 (0.156)	0.180	0.356
Nutzen	-0.053 (0.764)	0.174	-0.076
Bedienbarkeit	0.555* (0.020)	0.226	0.403
R^2	0.289		
korr. R^2	0.216		
$F(3,29)$	3.932 (0.018)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass die Technologieakzeptanz die UX über alle vier Plattformversionen positiv beeinflusste. Insbesondere die wahrgenommene Bedienbarkeit stellte sich als wichtiger Prädiktor für alle drei Dimensionen des UEQ heraus. Der Zusammenhang zwischen Bedienbarkeit und pragmatischer Qualität des UEQ war aufgrund des Usability-Fokus beider Konzepte erwartungskonform. Die Faktoren Intention und wahrgenommener Nutzen zeigten nur vereinzelt signifikante Einflüsse (z.B. für die Attraktivität oder Stimulation), somit konnte die Hypothese nicht gänzlich bestätigt werden. Durch die teilweise hohen positiven Korrelationen einzelner Faktorenkombinationen konnte insgesamt ein positiver Zusammenhang zwischen beiden Aspekten der Learning Experience nachgewiesen werden.

H8: Je besser das Kontrollempfinden über die verschiedenen Versionen hinweg ausgeprägt ist, desto besser ist die User Experience.

Befunde der Kontrollgruppenversion

Tabelle 98 veranschaulicht die Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Pearson. Die Kontrollierbarkeit der Plattform zeigte signifikante moderate positive Zusammenhänge mit der Attraktivität ($r=0.403$, $p=0.010$) und den drei Faktoren der pragmatischen Qualität, insbesondere der Effizienz ($r=0.543$, $p=0.001$). Für den Comfort of Use zeigten sich für alle UEQ-Faktoren, außer der Steuerbarkeit, signifikante positive mittlere Zusammenhänge, besonders mit der Attraktivität ($r=0.474$, $p=0.003$) und der Effizienz ($r=0.452$, $p=0.004$).

Tabelle 98: Zusammenhänge zwischen Kontrollempfinden und User Experience der Kontrollgruppenversion

	Controllability	Comfort of Use
Attraktivität	0.403* (0.010)	0.474* (0.003)
Effizienz	0.543* (0.001)	0.452* (0.004)
Durchschaubarkeit	0.385* (0.013)	0.387* (0.013)
Steuerbarkeit	0.428* (0.006)	0.290 (0.051)
Stimulation	0.188 (0.148)	0.312* (0.039)
Originalität	0.081 (0.327)	0.362* (0.019)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 99: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Attraktivität durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.308 (0.218)	0.245	0.226
Comfort of Use	0.466 (0.051)	0.224	0.364
R^2	0.264		
korr. R^2	0.215		
F(2,30)	5.371 (0.010)		

Anmerkungen. N=33

Mithilfe multipler linearer Regressionsanalysen konnten signifikante Einflüsse des Kontrollempfindens auf die UEQ-Faktoren Attraktivität, Effizienz, Durchschaubarkeit, Steuerbarkeit und Originalität nachgewiesen werden. Das Modell zur Vorhersage der Attraktivität lieferte signifikante Ergebnisse, $F(2,30)=5.371$, $p=0.010$ sowie eine moderate Varianzaufklärung in Form eines korrigierten $R^2=0.215$. Auf Faktorenebene konnten jedoch keine signifikanten Einflussgrößen identifiziert werden (siehe Tabelle 99).

Tabelle 100: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Effizienz durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.481* (0.019)	0.193	0.424
Comfort of Use	0.256 (0.158)	0.177	0.246
R^2	0.341		
korr. R^2	0.297		
$F(2,30)$	7.759 (0.002)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 101: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.362 (0.178)	0.262	0.258
Comfort of Use	0.336 (0.173)	0.241	0.261
R^2	0.200		
korr. R^2	0.147		
$F(2,30)$	3.756 (0.035)		

Anmerkungen. N=33

Tabelle 102: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Steuerbarkeit durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.405 (0.056)	0.203	0.376
Comfort of Use	0.106 (0.573)	0.186	0.107
R^2	0.192		
korr. R^2	0.138		
$F(2,30)$	3.563 (0.041)		

Anmerkungen. N=33

Für die drei UEQ-Faktoren der pragmatischen Qualität (siehe Tabellen 100 bis 102) ergaben sich ebenfalls jeweils signifikante Gesamtmodelle mit moderater Varianzaufklärung, wobei insbesondere die Effizienz hervorstach, $F(2,30)=7.759$, $p=0.002$. Auf Faktorenebene konnten für die Durchschaubarkeit und die Steuerbarkeit keine signifikanten Einflüsse identifiziert werden, jedoch für die Effizienz in Form des Prädiktors Controllability ($p=0.019$). Eine höhere Selbsteinschätzung dieses Faktors würde mit einer steigenden Bewertung der Effizienz um 0.481 einhergehen. Die Benutzerfreundlichkeit der Plattformversion wurde demnach insgesamt signifikant vom

Kontrollempfinden beeinflusst, wobei besonders das empfundene Maß an Kontrollierbarkeit als wichtiger Prädiktor identifiziert werden konnte. Das Modell zur Vorhersage der Originalität (siehe Tabelle 103) lieferte zwar keine signifikanten Ergebnisse, jedoch konnte auf Faktorenebene für den Comfort of Use ein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden ($p=0.037$), der in einer um 0.782 höheren Bewertung resultieren würde.

Tabelle 103: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Originalität durch das Kontrollempfinden (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	-0.251 (0.525)	0.391	-0.125
Comfort of Use	0.782* (0.037)	0.358	0.422
R^2	0.143		
korr. R^2	0.086		
F(2,30)	2.498 (0.099)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Befunde der Link Annotation-Version

Tabelle 104 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse für die Link Annotation-Version. Zwischen der Controllability und den UEQ-Faktoren konnten für diese Variante keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden. Hinsichtlich des Comfort of Use zeigten sich signifikante moderate positive Korrelationen mit der Effizienz ($r=0.476$, $p=0.003$), der Durchschaubarkeit ($r=0.466$, $p=0.004$) und der Stimulation ($r=0.296$, $p=0.050$). Die Transparency zeigte in Zusammenhang mit der Originalität einen signifikanten hohen positiven Zusammenhang ($r=0.591$, $p<0.001$).

Tabelle 104: Zusammenhänge zwischen Kontrollempfinden und User Experience der Link Annotation-Version

	Controllability	Comfort of Use	Transparency
Attraktivität	0.253 (0.081)	0.193 (0.145)	0.227 (0.106)
Effizienz	0.162 (0.187)	0.476* (0.003)	-0.006 (0.488)
Durchschaubarkeit	0.277 (0.062)	0.466* (0.004)	0.156 (0.197)
Steuerbarkeit	0.273 (0.066)	0.280 (0.060)	0.066 (0.359)
Stimulation	0.098 (0.296)	0.296* (0.050)	0.135 (0.230)
Originalität	-0.238 (0.095)	0.043 (0.407)	0.591* (<0.001)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Multiple lineare Regressionsanalysen konnten signifikante Einflüsse des Kontrollempfindens auf die UEQ-Faktoren Effizienz, Durchschaubarkeit und Originalität nachweisen. Für die beiden Faktoren der pragmatischen Qualität (siehe Tabellen 105 und 106) erwies sich die Transparency als signifikanter Einflussfaktor ($p=0.012$ sowie $p=0.017$). Höhere Selbsteinschätzungen dieses Faktors würden mit höheren Bewertungen der UEQ-Faktoren um 0.626 sowie 0.661 einhergehen. Das Gesamtmodell lieferte nur für die Durchschaubarkeit signifikante Ergebnisse, $F(3,28)=3.646$, $p=0.025$. Die Varianzaufklärung war jeweils moderat (korrigiertes $R^2=0.145$ sowie $R^2=0.204$).

Tabelle 105: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Effizienz durch das Kontrollempfinden (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.023 (0.901)	0.180	0.021
Comfort of Use	0.063 (0.821)	0.276	0.040
Transparency	0.626* (0.012)	0.232	0.466
R ²	0.228		
korr. R ²	0.145		
F(3,28)	2.758 (0.061)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 106: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch das Kontrollempfinden (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.249 (0.227)	0.202	0.200
Comfort of Use	0.349 (0.269)	0.309	0.189
Transparency	0.661* (0.017)	0.260	0.424
R ²	0.281		
korr. R ²	0.204		
F(3,28)	3.646 (0.025)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Für den UEQ-Faktor Originalität (siehe Tabelle 107) zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Einfluss, F(3,28)=5.968, p=0.003, sowie eine moderate Varianzaufklärung in Form eines korrigierten R²=0.325. Ein signifikanter Einflussfaktor war die Controllability (0.001), die in einer um 0.836 höheren Selbsteinschätzung der Originalität resultieren würde.

Tabelle 107: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Originalität durch das Kontrollempfinden (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.836* (0.001)	0.218	0.571
Comfort of Use	-0.428 (0.210)	0.334	-0.198
Transparency	0.224 (0.430)	0.280	0.123
R ²	0.390		
korr. R ²	0.325		
F(3,28)	5.968 (0.003)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Befunde der Direct Guidance-Version

Tabelle 108 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse für die Direct Guidance-Version. Bei dieser Variante konnten signifikante Zusammenhänge zwischen dem Comfort of Use und allen UEQ-Faktoren nachgewiesen werden, wobei besonders die Durchschaubarkeit ($r=0.464$, $p=0.003$) und die Steuerbarkeit ($r=0.473$, $p=0.003$) hervorstachen. Die pragmatische Qualität hatte somit einen ausgeprägten Zusammenhang mit dem Bedienkomfort der Plattformversion. Für die Transparency zeigten sich signifikante Korrelationen mit der Attraktivität ($r=0.426$, $p=0.007$), der Durchschaubarkeit

($r=0.359$, $p=0.020$) und der Stimulation ($r=0.405$, $p=0.010$). Die Systemtransparenz war somit für alle drei Dimensionen des UEQ bedeutsam. Die Controllability zeigte lediglich für die Faktoren Effizienz ($r=0.304$, $p=0.043$) und Durchschaubarkeit ($r=0.497$, $p=0.002$) der pragmatischen Qualität signifikante moderate positive Zusammenhänge.

Tabelle 108: Zusammenhänge zwischen Kontrollempfinden und User Experience der Direct Guidance-Version

	Controllability	Comfort of Use	Transparency
Attraktivität	0.273 (0.062)	0.330* (0.030)	0.426* (0.007)
Effizienz	0.304* (0.043)	0.382* (0.014)	0.244 (0.085)
Durchschaubarkeit	0.497* (0.002)	0.464* (0.003)	0.359* (0.020)
Steuerbarkeit	0.216 (0.114)	0.473* (0.003)	0.216 (0.114)
Stimulation	0.179 (0.159)	0.394* (0.012)	0.405* (0.010)
Originalität	0.240 (0.089)	0.300* (0.045)	0.266 (0.067)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 109: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch das Kontrollempfinden (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.051 (0.636)	0.106	0.089
Comfort of Use	0.191 (0.146)	0.127	0.306
Transparency	0.164 (0.185)	0.121	0.257
R^2	0.303		
korr. R^2	0.231		
F(3,29)	4.212 (0.014)		

Anmerkungen. N=33

Tabelle 110: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Steuerbarkeit durch das Kontrollempfinden (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.036 (0.752)	0.119	0.062
Comfort of Use	-0.066 (0.649)	0.143	-0.099
Transparency	0.342* (0.017)	0.135	0.503
R^2	0.230		
korr. R^2	0.151		
F(3,29)	2.892 (0.052)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 111: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch das Kontrollempfinden (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.408 (0.060)	0.209	0.377
Comfort of Use	-0.271 (0.288)	0.251	-0.229
Transparency	0.445 (0.071)	0.237	0.367
R^2	0.256		
korr. R^2	0.179		
F(3,29)	3.326 (0.033)		

Anmerkungen. N=33

Multiple lineare Regressionsanalysen konnten signifikante Einflüsse für die UEQ-Faktoren Durchschaubarkeit, Steuerbarkeit und Stimulation nachweisen (siehe Tabellen 109 bis 111). Für die Durchschaubarkeit und die Stimulation waren die Gesamtmodelle jeweils signifikant, $F(3,29)=4.212$, $p=0.014$ sowie $F(3,29)=3.326$, $p=0.033$. Auf Faktorenebene konnten jedoch keine signifikanten Einflüsse nachgewiesen werden. Die Steuerbarkeit lieferte kein signifikantes Gesamtmodell, jedoch wirkte die Transparency ($p=0.017$) als signifikanter Faktor und würde in einer Erhöhung der Selbsteinschätzung des UEQ-Faktors um 0.342 resultieren.

Befunde der Agentenversion

Tabelle 112 zeigt die Korrelationsanalyse für die Agentenversion. Der Comfort of Use korrelierte analog zur Direct Guidance-Version ebenfalls mit allen UEQ-Faktoren, insbesondere mit der Durchschaubarkeit ($r=0.508$, $p=0.001$). Die Transparency ($r=0.332$, $p=0.029$) und die Controllability ($r=0.426$, $p=0.007$) korrelierten lediglich mit der Durchschaubarkeit signifikant positiv. Dieser UEQ-Faktor wies demnach erwartungskonform einen erkennbaren Zusammenhang zum Kontrollempfinden auf.

Tabelle 112: Zusammenhänge zwischen Kontrollempfinden und User Experience der Agentenversion

	Controllability	Comfort of Use	Transparency
Attraktivität	0.245 (0.084)	0.419* (0.008)	0.154 (0.196)
Effizienz	0.210 (0.120)	0.455* (0.004)	0.276 (0.060)
Durchschaubarkeit	0.426* (0.007)	0.508* (0.001)	0.332* (0.029)
Steuerbarkeit	0.141 (0.217)	0.398* (0.011)	0.127 (0.241)
Stimulation	0.084 (0.320)	0.355* (0.021)	0.013 (0.472)
Originalität	-0.237 (0.092)	-0.024 (0.448)	-0.127 (0.241)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Außer für die Originalität konnten mithilfe multipler linearer Regressionsanalysen für alle UEQ-Faktoren signifikante Einflüsse nachgewiesen werden. Die Attraktivität wurde von der Transparency signifikant beeinflusst ($p=0.044$), wobei eine höhere Selbsteinschätzung mit einem Anstieg der Bewertung dieses UEQ-Faktors um 0.349 einhergehen würde (siehe Tabelle 113).

Tabelle 113: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Attraktivität durch das Kontrollempfinden (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	-0.036 (0.804)	0.142	-0.049
Comfort of Use	0.105 (0.522)	0.161	0.126
Transparency	0.349* (0.044)	0.165	0.391
R^2	0.187		
korrig. R^2	0.103		
F(3,29)	2.224 (0.107)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 114: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Effizienz durch das Kontrollempfinden (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.108 (0.522)	0.166	0.124
Comfort of Use	0.004 (0.984)	0.189	0.004
Transparency	0.437* (0.032)	0.194	0.408
R ²	0.221		
korr. R ²	0.140		
F(3,29)	2.738 (0.061)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 115. Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Durchschaubarkeit durch das Kontrollempfinden (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	0.052 (0.690)	0.129	0.072
Comfort of Use	0.209 (0.167)	0.147	0.251
Transparency	0.350* (0.028)	0.151	0.390
R ²	0.329		
korr. R ²	0.260		
F(3,29)	4.740 (0.008)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 116: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Steuerbarkeit durch das Kontrollempfinden (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	-0.015 (0.902)	0.123	-0.025
Comfort of Use	0.004 (0.977)	0.140	0.006
Transparency	0.309* (0.040)	0.144	0.405
R ²	0.159		
korr. R ²	0.071		
F(3,29)	1.821 (0.165)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Hinsichtlich der drei UEQ-Faktoren der pragmatischen Qualität (siehe Tabellen 114 bis 116) erwies sich ebenfalls die Transparency als einziger signifikanter, positiv wirkender Faktor ($p=0.032$, $p=0.028$ sowie $p=0.040$). Eine hohe Systemtransparenz wäre somit eine entscheidende Bedingungsgröße für eine gute Usability der Lernplattform. Das Gesamtmodell lieferte lediglich für die Durchschaubarkeit signifikante Ergebnisse, $F(3,29)=4.740$, $p=0.008$ sowie eine moderate Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.260$).

Tabelle 117: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Stimulation durch das Kontrollempfinden (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Controllability	-0.120 (0.500)	0.176	-0.137
Comfort of Use	0.001 (0.995)	0.200	0.001
Transparency	0.438* (0.042)	0.205	0.405
R ²	0.142		
korr. R ²	0.054		
F(3,29)	1.605 (0.210)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die Stimulation (siehe Tabelle 117) wurde auch lediglich durch die Transparency ($p=0.042$) in Form einer um 0.438 steigenden Bewertung dieses UEQ-Faktors signifikant beeinflusst. Das Gesamtmodell lieferte jedoch keine signifikanten Ergebnisse, $F(3,29)=1.605$, $p=0.210$.

Die UX wurde insgesamt positiv vom Kontrollempfinden beeinflusst. Der Bedienkomfort war bei allen vier Plattformversionen ein entscheidender Prädiktor der UX und dies zumeist über alle Dimensionen des UEQ hinweg. Die Systemtransparenz war insbesondere bei der Direct Guidance-Version und der Agentenversion eine entscheidende Einflussgröße. Insgesamt konnte die Hypothese somit größtenteils angenommen werden, da vielfältige positive Zusammenhänge über die verschiedenen Faktoren der Fragebögen nachgewiesen werden konnten.

H9: Je höher die Technologieakzeptanz über die verschiedenen Versionen hinweg ausgeprägt ist, desto besser ist das Kontrollempfinden.

Befunde der Kontrollgruppenversion

Tabelle 118 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Pearson zwischen Technologieakzeptanz und Kontrollempfinden für die Kontrollgruppenversion. Ein signifikanter moderater positiver Zusammenhang zeigte sich lediglich zwischen wahrgenommener Bedienbarkeit und Controllability ($r=0.303$, $p=0.043$). Der Comfort of Use wies keine signifikanten Korrelationen mit den Faktoren der Technologieakzeptanz auf.

Tabelle 118: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und Kontrollempfinden der Kontrollgruppenversion

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Controllability	-0.181 (0.156)	-0.223 (0.107)	0.303* (0.043)
Comfort of Use	0.055 (0.380)	0.104 (0.281)	0.165 (0.180)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 119: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Controllability durch die Technologieakzeptanz (Kontrollgruppe)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	-0.116 (0.395)	0.134	-0.251
Nutzen	-0.069 (0.606)	0.132	-0.143
Bedienbarkeit	0.351* (0.021)	0.143	0.446
R ²	0.213		
korr. R ²	0.131		
F(3,29)	2.610 (0.070)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Eine multiple lineare Regressionsanalyse (siehe Tabelle 119) konnte einen signifikanten Einfluss der wahrgenommenen Bedienbarkeit auf die Controllability ($p=0.021$) in Form einer um 0.351 höheren

Selbsteinschätzung der Kontrollierbarkeit nachweisen. Das Gesamtmodell zeigte keine signifikanten Ergebnisse und lediglich eine geringe Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.131$).

Befunde der Link Annotation-Version

Tabelle 120 zeigt die Korrelationsanalyse für die Link Annotation-Version. Für den Comfort of Use konnten signifikante moderate positive Zusammenhänge zwischen der Intention ($r=0.379$, $p=0.016$) und der wahrgenommenen Bedienbarkeit ($r=0.446$, $p=0.005$) nachgewiesen werden. Eine hohe Akzeptanz dieser Plattformversion würde demnach mit einem hohen Bedienkomfort einhergehen. Für die Controllability konnten keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden. Die Transparency korrelierte signifikant positiv mit dem wahrgenommenen Nutzen der Lernplattform ($r=0.366$, $p=0.020$).

Tabelle 120: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und Kontrollempfinden der Link Annotation-Version

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Controllability	0.049 (0.395)	-0.096 (0.301)	0.151 (0.204)
Comfort of Use	0.379* (0.016)	0.100 (0.293)	0.446* (0.005)
Transparency	0.080 (0.332)	0.366* (0.020)	0.092 (0.308)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Multiple lineare Regressionsanalysen zeigten signifikante Einflüsse der Technologieakzeptanz auf den Comfort of Use und die Transparency (siehe Tabellen 121 und 122). Der Bedienkomfort wurde signifikant durch die Akzeptanz beeinflusst, $F(3,28)=4.770$, $p=0.008$, und wies eine moderate Varianzaufklärung auf (korrigierten $R^2=0.267$). Auf Faktorenebene waren die Intention ($p=0.035$) und die wahrgenommene Bedienbarkeit ($p=0.031$) signifikant und positiv ausgeprägt (Koeffizienten 0.264 sowie 0.326). Die Nutzungsintention von NanoTecLearn zur Unterstützung des Lernprozesses war demnach ein bedeutsamer Prädiktor für die Vorhersage des Kontrollempfindens.

Tabelle 121: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Comfort of Use durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.264* (0.035)	0.119	0.530
Nutzen	-0.123 (0.302)	0.117	-0.117
Bedienbarkeit	0.326* (0.031)	0.144	0.365
R^2	0.338		
korr. R^2	0.267		
$F(3,28)$	4.770 (0.008)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 122: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Transparency durch die Technologieakzeptanz (Link Annotation)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	-0.327* (0.046)	0.157	-0.525
Nutzen	0.478* (0.004)	0.154	0.783
Bedienbarkeit	0.261 (0.179)	0.189	0.234
R ²	0.266		
korr. R ²	0.188		
F(3,28)	3.389 (0.032)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Befunde der Direct Guidance-Version

Bei der Direct Guidance-Version (siehe Tabelle 123) korrelierte die Transparency mit allen drei Faktoren der Technologieakzeptanz signifikant positiv, besonders mit dem wahrgenommenen Nutzen ($r=0.431$, $p=0.006$) und der Intention ($r=0.431$, $p=0.007$). Der Comfort of Use korrelierte ebenfalls mit allen Akzeptanzfaktoren signifikant positiv, insbesondere mit der Intention ($r=0.415$, $p=0.008$).

Tabelle 123: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und Kontrollempfinden der Direct Guidance-Version

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Controllability	0.264 (0.069)	0.217 (0.113)	0.213 (0.117)
Comfort of Use	0.415* (0.008)	0.354* (0.021)	0.325* (0.033)
Transparency	0.421* (0.007)	0.431* (0.006)	0.378* (0.015)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die Tabellen 124 und 125 zeigen die Befunde multipler linearer Regressionsanalysen. Der Comfort of Use und die Transparency wurden signifikant durch die Technologieakzeptanz beeinflusst, $F(3,29)=3.015$, $p=0.046$ sowie $F(3,29)=3.905$, $p=0.019$. Beide Modelle wiesen jeweils eine moderate Varianzaufklärung auf (korrigiertes $R^2=0.159$ sowie $R^2=0.214$). Auf Faktorenebene konnten keine signifikanten Einflüsse nachgewiesen werden.

Tabelle 124: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Comfort of Use durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.262 (0.164)	0.183	0.342
Nutzen	0.032 (0.878)	0.209	0.155
Bedienbarkeit	0.419 (0.140)	0.276	0.255
R ²	0.239		
korr. R ²	0.159		
F(3,29)	3.015 (0.046)		

Anmerkungen. N=33

Tabelle 125: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Transparency durch die Technologieakzeptanz (Direct Guidance)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.201 (0.318)	0.198	0.235
Nutzen	0.177 (0.441)	0.220	0.184
Bedienbarkeit	0.533 (0.085)	0.299	0.289
R ²	0.288		
korr. R ²	0.214		
F(3,29)	3.905 (0.019)		

Anmerkungen. N=33

Befunde der Agentenversion

Tabelle 126 zeigt die Korrelationsanalyse der Plattformversion Agent. Bei dieser Variante der Lernplattform korrelierte die wahrgenommene Bedienbarkeit signifikant positiv mit allen drei Faktoren des Kontrollempfindens. Signifikante hohe positive Zusammenhänge konnten für die Controllability ($r=0.580$, $p<0.001$) und den Comfort of Use ($r=0.576$, $p<0.001$) nachgewiesen werden. Die Bedienbarkeit des Agenten wies demnach einen erkennbaren Zusammenhang mit dem Kontrollempfinden auf. Die Benutzungsintention und der wahrgenommene Nutzen zeigten hingegen keine signifikanten Zusammenhänge mit den Faktoren des Kontrollempfindens.

Tabelle 126: Zusammenhänge zwischen Technologieakzeptanz und Kontrollempfinden der Agentenversion

	Intention	Wahrgenommener Nutzen	Wahrgenommene Bedienbarkeit
Controllability	0.081 (0.327)	-0.082 (0.324)	0.580* (<0.001)
Comfort of Use	-0.050 (0.392)	0.005 (0.489)	0.576* (<0.001)
Transparency	0.154 (0.197)	0.180 (0.159)	0.488* (0.002)

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 127: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Controllability durch die Technologieakzeptanz (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.303 (0.059)	0.154	0.411
Nutzen	-0.414* (0.010)	0.149	-0.597
Bedienbarkeit	0.933* (<0.001)	0.194	0.679
R ²	0.476		
korr. R ²	0.422		
F(3,29)	8.791 (<0.001)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Multiple lineare Regressionsanalysen konnten signifikante Einflüsse der Technologieakzeptanz auf alle drei Faktoren des Kontrollempfindens nachweisen. Die Controllability (siehe Tabelle 127) wurde besonders beeinflusst, $F(3,29)=8.791$, $p<0.001$. Es konnte zudem eine gute Varianzaufklärung in Form eines korrigierten $R^2=0.422$ erzielt werden. Als signifikante Faktoren wirkten die wahrgenommene Bedienbarkeit ($p<0.001$) und der wahrgenommene Nutzen ($p=0.010$). Der positive Einfluss der

Bedienbarkeit (Koeffizient 0.933) war aufgrund der Korrelationsanalyse abzusehen. Einen unerwarteten Befund stellte die negative Wirkrichtung des Koeffizienten des wahrgenommenen Nutzens dar, die in einem Sinken der Akzeptanzbewertung um 0.414 resultieren würde.

Tabelle 128: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Comfort of Use durch die Technologieakzeptanz (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	-0.049 (0.760)	0.158	-0.071
Nutzen	-0.080 (0.603)	0.152	-0.125
Bedienbarkeit	0.797* (<0.001)	0.198	0.626
R ²	0.364		
korr. R ²	0.298		
F(3,29)	5.524 (0.004)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 129: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Transparency durch die Technologieakzeptanz (Agent)

Prädiktoren	B	SE	β
Intention	0.070 (0.744)	0.212	0.083
Nutzen	-0.020 (0.924)	0.250	-0.025
Bedienbarkeit	0.752* (0.008)	0.266	0.480
R ²	0.242		
korr. R ²	0.164		
F(3,29)	3.090 (0.042)		

Anmerkungen. N=33. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Der Comfort of Use (siehe Tabelle 128) wurde ebenfalls signifikant beeinflusst, F(3,29)=5.524, p=0.004. Es zeigte sich eine moderate Varianzaufklärung (korrigiertes R²=0.298). Dies galt ebenso für die Transparency (siehe Tabelle 129), F(3,29)=3.090, p=0.042. Für beide Faktoren stellte die wahrgenommene Bedienbarkeit eine signifikante Einflussgröße dar (p<0.001 sowie p=0.008). Höhere Selbsteinschätzungen dieses Faktors würden in einem Anstieg des Comfort of Use um 0.797 und in einem Anstieg der Transparency um 0.752 resultieren. Der Aspekt der Benutzerfreundlichkeit der Technologieakzeptanz übte somit bei dieser Plattformversion einen signifikanten Einfluss auf das Kontrollempfinden aus.

Insgesamt konnte die Hypothese teilweise angenommen werden, da über alle vier Versionen hinweg signifikante Einflüsse nachgewiesen werden konnten. Generelle Tendenzen konnten jedoch nicht identifiziert werden, wobei die wahrgenommene Bedienbarkeit der Plattformversionen mehrfach als signifikanter Prädiktor auf das Kontrollempfindens wirkte. Zusammenfassend konnte die Forschungsfrage dahingehend beantwortet werden, dass sich die Faktoren der Learning Experience vielfach gegenseitig beeinflussten und signifikante Einflüsse sowie Zusammenhänge nachgewiesen werden konnten. Eindeutige Tendenzen über alle Plattformversionen sowie zwischen der nicht-adaptiven Kontrollgruppenversion und den Adaptationstechniken waren jedoch nicht identifizierbar.

Auf Seiten der Technologieakzeptanz stellte sich insbesondere die wahrgenommene Bedienbarkeit und somit die Benutzerfreundlichkeit der Plattformversionen als wichtiger Prädiktor für eine gute UX im Sinne einer hohen pragmatischen Qualität sowie für ein hohes Kontrollempfinden in Form eines guten Bedienkomforts und einer hohen Systemtransparenz heraus. Die UX wurde hinsichtlich des Kontrollempfindens zudem von einem als hoch eingeschätzten Bedienkomfort der Plattformversionen positiv beeinflusst.

Auswertung der offenen Fragestellungen

Die beiden offenen Fragen, die den Abschluss des Online-Fragebogens bildeten, wurden analog zu den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3) gruppiert und entsprechend der Kernaussagen zusammengefasst (siehe Tabellen 207 und 208 im Anhang A5.5).

Frage 1: Waren Ihre Anpassungen und Vorschläge beim Lernen mit der NanoTecLearn Plattform für Sie inhaltlich passend?

Hinsichtlich dieser Fragestellung gaben ca. 30 Probanden an, keine Systemreaktionen erkannt zu haben. Dies entsprach in etwa der Stichprobengröße der nicht-adaptiven Kontrollgruppenversion und war in diesem Umfang erwartungskonform. Von zahlreichen Probanden wurden Systemreaktionen, insbesondere in Form von Vorschlägen und Empfehlungen der Link Annotation-Version, als allgemein hilfreich und unterstützend beim Lernen mit NanoTecLearn angesehen. Dahingehend wurde zudem angemerkt, dass der Lernprozess durch das, bei positiver Lernmotivation, chronologische Abarbeiten der Inhalte sowie die Möglichkeit, Inhalte nochmals zu wiederholen, angemessen unterstützt wurde. Im Kontext der Agentenversion wurde das gezielte Aufrufen von Fachbegriffen durch das in der Vorschlagsliste verlinkte Glossar lobend erwähnt. Die interaktiven Elemente wurden analog zu den Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 ebenfalls mehrheitlich als motivierend sowie als passende Adaptationsvorschläge angesehen. Das Anbieten geeigneter Empfehlungen für nachfolgende Abschnitte der Plattform wurde somit insgesamt akzeptiert.

Fünf Probanden gaben im Gegensatz dazu an, dass die Adaptation an sich keinen Mehrwert darstellte, da lediglich die ohnehin permanent sichtbare Navigationsleiste abgearbeitet werden würde. Ein weiteres Problem gestaltete sich zudem darin, dass die Plattform bei ausschließlich positiven oder neutralen Selbsteinschätzungen keine konkreten Vorschläge unterbreitete, sondern das Booklet nur chronologisch abgearbeitet werden würde. Der Agent wurde als Adaptationstechnik teilweise kritisch gesehen, da sich die Vorschläge der Liste zu oft wiederholten und die Funktionalität nicht ausreichend in einem Tutorial erklärt wurde. Ein tatsächlicher Mehrwert dieser Technik wurde daher vereinzelt angezweifelt. Die beschränkende Navigation der Direct Guidance wurde von einem Probanden explizit als störend angesehen. Vereinzelt wurden Aussagen getätigt, dass eine Systemanpassung auf Basis der Lernmotivation, z.B. anhand des aktuellen Interesses, als nicht zweckdienlich erschien. Insgesamt

spiegelten sich die größtenteils positiven Angaben der Learning Experience, die im Rahmen der Fragebögen erzielt wurden, auch in der offenen Fragestellung wider und die allgemeine Akzeptanz und Benutzerfreundlichkeit der Plattform konnte bestätigt werden. Schwachstellen wurden lediglich vereinzelt berichtet, insbesondere hinsichtlich des Mehrwerts des Agenten sowie der fehlenden Anpassung bei konstant hoher Lernmotivation.

Frage 2: Gab es Probleme und/oder Schwierigkeiten, die Ihnen bei der Bearbeitung des Kapitels „Kontaktwinkelmessgerät“ aufgefallen sind?

Zahlreiche Probanden gaben an, keine Probleme bemerkt zu haben. In wenigen Fällen wurden Darstellungsprobleme oder kleinere Systemfehler benannt, z.B. beim Start der Animation des 3D-Modells des Kontaktwinkelmessgeräts. Analog zu den Meinungen der qualitativen Evaluation der nicht-adaptiven Ausgangsversion in Kapitel 5 wurde der überladene und teilweise überfordernde Theorieteil kritisch angemerkt. In diesem Zusammenhang gaben einige Studierende zudem an, aufgrund eines fehlenden fachlichen Bezugs des Studiengangs, die Inhalte teilweise schwer nachvollziehen zu können. Das Navigationskonzept der Plattform wurde teilweise als unklar und wenig übersichtlich eingeschätzt. So war z.B. teilweise unklar, ob der Zurück-Button zum letzten Abschnitt oder zur Gesamtübersicht führen würde. Bei den adaptiven Plattformversionen wurde zum Teil angemerkt, dass die Weiterleitungen nicht immer als passend empfunden wurden und insbesondere die Vorschlagsliste des Agenten zu Beginn eine Überforderung darstellte. Insgesamt konnten jedoch kaum ernstere Probleme festgestellt werden und die Adaptationstechniken wurden nicht als Störfaktor aufgefasst. Letztendlich spiegelten diese Befunde die allgemein guten Einschätzungen der UX, insbesondere der pragmatischen Qualität sowie die gute wahrgenommene Bedienbarkeit der Plattformversionen, die im Rahmen der Technologieakzeptanzbewertung nachgewiesen wurde, wider.

Kritische Würdigung der Ergebnisse und Methode

Aufgrund des hohen Anteils an fachfremden Studierenden im Sample sowie der relativ unverbindlichen Lernsituation (keine Einbindung in eine konkrete Lehrveranstaltung und keine Wissensabfrage am Ende der Session) konnte nicht in jedem Fall von einer intensiven Beschäftigung mit der Lernplattform ausgegangen werden. Dies spiegelte sich z.B. in den relativ kurzen durchschnittlichen Bearbeitungszeiten des gewählten Booklets der Studie wider. Für eine umfassende Einschätzung der Funktionalität der Plattform sowie der adaptiven Navigationsunterstützung war eine relativ freie und selbstregulierte Lernsituation sowie Adressierung aller Wissenszugänge eine notwendige Voraussetzung. Im Kontext der Studie konnte nicht gänzlich sichergestellt werden, dass die Studierenden sich tatsächlich primär mit dem vorgegebenen Booklet auseinandersetzen und die motivationalen Selbsteinschätzungen nach jedem Abschnitt vornahmen.

Da von einzelnen Probanden trotz der Zuordnung zu einer adaptiven Plattformversion keine

Anpassungen bemerkt wurden, stellte hinsichtlich der Evaluation der Learning Experience ein Problem dar. Das Agent-Icon und die Visualisierung der Link Annotation wurden teilweise übersehen. Für das finale AEHS sollte daher berücksichtigt werden, die Systemreaktion noch eindeutiger zu gestalten. Eine Herausforderung hinsichtlich der Implementierung stellte die Direct Guidance-Version dar, da das freie Bedienkonzept der ursprünglichen Plattform dafür aufgegeben werden musste. Die Agentenversion bot allgemein einen geringeren Mehrwert als ursprünglich angenommen, was in einer insgesamt kritischeren Betrachtung dieser Variante mündete.

Die verwendeten Fragebögen waren dahingehend kritisch einzuschätzen, dass zumindest die Technologieakzeptanz und die UX eher auf die übergeordnete Einschätzung der Lernplattform abzielten und sich daher keine merklichen Unterschiede feststellen ließen. Dies war insbesondere auf die weitgehend identische Benutzeroberfläche aller vier Plattformversionen zurückzuführen. Unterschiede zeigten sich lediglich im Kontrollempfinden, wobei die nicht-adaptive Variante besser abschnitt als z.B. die restriktive Direct Guidance-Version. Mit wenigen Ausnahmen erwiesen sich die Fragebögen über alle getesteten Versionen hinweg als reliabel. Die adaptiven Versionen hätten jedoch mit mehr und spezifischeren Instrumenten zur Einschätzung der Adaptation evaluiert werden können. Die Selbsteinschätzung der Motivation konnte aufgrund der geringen Itemanzahl und der zugehörigen Skalenkonstruktion nicht für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage verwendet werden. Die Verwendung der FAM-Daten stellte somit lediglich einen Näherungswert der aktuell wirksamen Motivation dar. Die Ausgangsmotivation war jedoch insgesamt hoch und homogen über alle Plattformversionen ausgeprägt.

Die Auswertung der Logfiles erfolgte unter der Herausforderung, dass Motivations-Einschätzungen teilweise übersehen wurden (z.B. in Form des mitunter nicht wahrgenommenen Agentensymbols) oder durch zwischenzeitliches Verlassen des Booklets doppelt abgegeben wurden. Weiterhin konnte aufgrund der abschnittsweisen Einschätzung der Verlauf der Lernmotivation nicht für den in Kapitel 5 oftmals als problematisch angesehenen Theorieabschnitt differenziert aufgeschlüsselt werden. Die im Rahmen der Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 angedeuteten Empfindungen hinsichtlich des Motivationsverlaufs (Absinken der Motivation im Abschnitt Theorie und Anstieg der Motivation durch die interaktiven Elemente) konnte durch die Motivationsverläufe (siehe Hypothese 1) jedoch für alle Plattformversionen bestätigt werden.

Die Größe der Stichprobe musste analog zur Motivationsstudie 1 kritisch angemerkt werden, da diese für den Nachweis kleiner Effektgrößen nicht ausreichend war (Döring und Bortz 2016, S. 820). Darüber hinaus wurden die Probanden nicht gänzlich zufällig auf die Slots für die vier Versionen verteilt, sondern es wurde auf eine möglichst gleiche Anzahl für alle Plattformvarianten sowie eine homogene Geschlechterverteilung geachtet. Auch im Kontext der Vergleichsstudie war das Sample unter Berücksichtigung der begrenzten zeitlichen und räumlichen Kapazität jedoch als die Erwartungen

übersteigend anzusehen. Fachlich und hinsichtlich der Ausgangsmotivation zeigte sich zudem, dass keine unerwünschte Vorfilterung vorgenommen wurde, da keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen feststellbar waren.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Abschließend werden die zentralen Erkenntnisse der Adaptationstechniken Vergleichsstudie als Vorbereitung der Umsetzung des finalen AEHS unter Berücksichtigung der Forschungsfragen der Studie zusammengefasst:

F1: Welche Adaptationstechniken verbessern die Lernmotivation in einer E-Learning Session?

- Lernmotivation wurde hauptsächlich durch die interaktiven Elemente und Wissenszugänge von NanoTecLearn beeinflusst.
- Motivationsindikator Erfolgzuversicht unterschied sich im Rahmen der Studie nicht signifikant zwischen den Plattformversionen.
- Motivationsindikator Interesse wies bei adaptiven Systemvarianten teilweise signifikant höhere Werte als bei der nicht-adaptiven Kontrollgruppenversion auf, insbesondere für die Abschnitte Anwendung und Reflexion.
- Vorschläge der Link Annotation-Version wurden mehrheitlich als motivierend und hilfreich aufgefasst.
- Implementierte Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung stellten keine signifikante Verbesserung der Lernmotivation dar.

F2: Welchen Einfluss nimmt die Learning Experience auf die aktuell wirksame Lernmotivation?

- Für selbstreguliertes Lernen bedeutsame Aspekte der aktuellen Motivation wurden bei der nicht-adaptiven Version und der Link Annotation-Version primär vom Bedienkomfort beeinflusst.
- Einschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit wurde bei der restriktiven Direct Guidance-Version sowie bei der Agentenversion primär von der Systemtransparenz beeinflusst.
- Anstrengungsbereitschaft im Kontext der aktuell wirksamen Motivation wurde bei der nicht-adaptiven Version und der Link Annotation-Version positiv von den Dimensionen der UX beeinflusst.
- Für selbstreguliertes Lernen bedeutsame Aspekte der aktuellen Motivation wurden bei der nicht-adaptiven Version und der Link Annotation-Version positiv von der Technologieakzeptanz beeinflusst.
- UX und Technologieakzeptanz eigneten sich insgesamt nur bedingt als Prädiktoren der aktuellen Motivation über alle vier Plattformversionen hinweg.

- Aspekte der Learning Experience wiesen insgesamt keine generalisierbaren Zusammenhänge und Einflüsse zur aktuellen Motivation auf, unabhängig von der getesteten Plattformversion.

F3: Wie werden die adaptiven Versionen der E-Learning Plattform untereinander und im Vergleich zur nicht-adaptiven Version hinsichtlich der Learning Experience bewertet?

- Technologieakzeptanz und UX waren insgesamt in hohem Maß vorhanden, wurden jedoch nicht signifikant von den Adaptationstechniken beeinflusst.
- Kontrollempfinden wurde durch die Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung im Vergleich zur nicht-adaptiven Version teilweise signifikant negativ beeinflusst.
- Adaptive Systemvarianten wiesen keine signifikant bessere, teilweise sogar eine signifikant schlechtere Learning Experience als die nicht-adaptive Version auf.
- Alle vier Plattformversionen wiesen eine merklich bessere UX als die ursprüngliche NanoTecLearn Plattform auf.

F4: Inwiefern beeinflussen sich die Faktoren der Learning Experience der adaptiven Versionen der E-Learning Plattform und der nicht-adaptiven Version gegenseitig?

- Technologieakzeptanz beeinflusste die UX vielfach signifikant positiv, unabhängig von der getesteten Plattformversion.
- Wahrgenommene Bedienbarkeit war wichtiger Prädiktor der UX, insbesondere der pragmatischen Qualität.
- Kontrollempfinden beeinflusste die UX vielfach signifikant positiv, unabhängig von der getesteten Plattformversion.
- Bedienkomfort war wichtiger Prädiktor aller Dimensionen der UX.
- Systemtransparenz war wichtiger Prädiktor der UX für Direct Guidance-Version und Agentenversion.
- Wahrgenommene Bedienbarkeit der Technologieakzeptanz beeinflusste Kontrollempfinden signifikant positiv, unabhängig von der getesteten Plattformversion.
- Aspekte der Learning Experience wiesen insgesamt generalisiert über alle vier Plattformversionen vielfach positive Zusammenhänge und Einflüsse untereinander auf.

7 Dritte Phase des Untersuchungsdesigns: Implementierung und Evaluation der adaptiven E-Learning Plattform

Die in Abschnitt 4.4 vorgestellte dritte Phase des Untersuchungsdesigns baute auf den Erkenntnissen der Umsetzungen von Adaptationstechniken sowie deren Evaluation in Kapitel 6 auf. Den Beginn dieser Phase markierte die Konzeption der finalen adaptiven Plattformversion (siehe Abschnitt 7.1). Die entstandene Lernplattform wurde daraufhin unter Verwendung des identischen Untersuchungsablaufs der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1) wieder mithilfe einer Laborstudie hinsichtlich der Lernmotivation von Studierenden beim Lernen mit NanoTecLearn untersucht (siehe Abschnitt 7.2). Diese forthin als Motivationsstudie 2 bezeichnete Untersuchung diente der Beantwortung der übergeordneten Forschungsfragen und Hypothesen der Arbeit (siehe Tabelle 1 in Abschnitt 4.2), insbesondere der Fragestellung, ob adaptives E-Learning die Lernmotivation von Studierenden signifikant verbessern konnte. In Anlehnung an die Vergleichsstudie wurde zudem der Verlauf der Lernmotivation wieder mithilfe von Logfiles erfasst und den Ergebnissen der anderen vier Plattformversionen (siehe Abschnitt 6.2.3) gegenübergestellt. Der Vergleich mit den vier Versionen von Kapitel 6 wurde zudem mithilfe einer weiteren Laborstudie abgeschlossen (siehe Abschnitt 7.3). Der Fokus lag wieder auf der Evaluation der Learning Experience mit den drei Bestandteilen Technologieakzeptanz, UX und Kontrollempfinden. In einem abschließenden Vergleich sollte somit ermittelt werden, welche der fünf umgesetzten Plattformversionen die größte Zustimmung hinsichtlich der Lernmotivation und Learning Experience von Seiten der Studierenden erfuhr.

7.1 Konzeption und Umsetzung der finalen adaptiven Plattformversion

Das finale AEHS sollte einen Kompromiss aus den Ergebnissen der Adaptationstechniken Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2) sowie den Machbarkeitsüberlegungen der Expertenfokusgruppe (siehe Abschnitt 5.4) darstellen. Weiterhin wurden Aspekte der Fokusgruppen mit Studierenden (siehe Abschnitt 5.3) sowie der Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1) berücksichtigt, die neben Anforderungen an Adaptationstechniken auch allgemeine Vorschläge zur Optimierung der Lernplattform enthielten.

Allgemeine Überarbeitung der NanoTecLearn Plattform

Einen ersten Überarbeitungsschritt stellte die Integration von Lernvideos in die als zu lang empfundenen Theorieteile der Booklets dar. Von den fachlich Verantwortlichen wurden für das zu evaluierende Kapitel „Wechselwirkungen an Grenzflächen“, das den Lerngegenstand der Motivationsstudie 1 darstellte und daher auch für die Motivationsstudie 2 genutzt werden sollte, drei kurze Grundlagenvideos der YouTube-Kanäle „Physik – Simpleclub“ (Simpleclub 2020b) sowie „Chemie

– Simpleclub“ (Simpleclub 2020a) zu den Themen Adhäsion und Kohäsion, Van der Waals-Kräfte sowie hydrophile und hydrophobe Eigenschaften eingefügt. Die Videos wurden aufgrund der Kürze und der allgemeinverständlichen Gestaltung den inhaltlich passenden Stellen des Booklets zugeordnet. Die Themen Adhäsion und Kohäsion sowie Van der Waals-Kräfte wurden in den Theorieabschnitt eingefügt und das dritte Video wurde dem Anwendungsabschnitt hinzugefügt. Die Videos wurden direkt eingebettet, sodass die Probanden die Lernplattform nicht verlassen mussten und es zu keiner Unterbrechung des Lernens mit NanoTecLearn kam. Abbildung 60 zeigt eines der eingebundenen Videos im Theorieabschnitt.

The screenshot shows a digital booklet interface. At the top, there are navigation links: 'Suche', 'Bibliothek', 'Proben', 'Formeln', 'Glossar', and 'Kurse'. Below these are search and filter fields. The main content area has a title 'WECHSELWIRKUNGEN AN GRENZFLÄCHEN'. On the left, there's a sidebar with 'Inhalt' and numbered sections 1 through 6. A central video player displays a video titled 'ADHÄSION & KOHÄSION' with a play button. Below the video is a section titled '2.3.1 CHEMISCHE REAKTION' with several small thumbnail images of scientific instruments and concepts. At the bottom, there are navigation arrows and a row of topic cards.

Abbildung 60: YouTube-Lernvideo zu Adhäsion und Kohäsion im Theorieabschnitt des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“

This screenshot shows another part of the booklet. At the top, there are navigation links: 'Suche', 'Bibliothek', 'Proben', 'Formeln', 'Glossar', and 'Kurse'. Below these are tabs for 'Beschreibung', 'Aufgabe', and 'Links'. The main content area contains text about surface roughness affecting wetting behavior, followed by a diagram of a liquid droplet on a textured surface with a contact angle labeled θ. To the right, there is a mathematical equation for the Young-Wenzel-Gleichung: $\cos \theta_W = R_{aw} * \frac{\gamma_{sv} - \gamma_{sl}}{\gamma_{lv}}$. Below the equation, it says 'Resultierender Kontaktwinkel' and $\theta_W \approx 60^\circ$. At the bottom, there are navigation arrows and a row of topic cards.

Abbildung 61: Einblendbare Lösungen der zugeordneten interaktiven Abschnitte des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“

Eine weitere Überarbeitung stellte das in den qualitativen Evaluationen angesprochene Einblendungen von Musterlösungen bei den interaktiven Wissenszugängen der Plattform dar. Dies wurde für die dem Booklet „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ zugeordneten interaktiven Proben und für die Formel „Benetzung“ umgesetzt. Nach Anklicken des Lösung-Buttons erschien in der finalen Plattformversion eine entsprechend vorformulierte Musterlösung zur Selbstüberprüfung. Abbildung 61 zeigt dies anhand der Benetzungsformel.

Eine zusätzliche Überarbeitung erfolgte im Abschnitt Reflexion des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“. Im Rahmen der Konzeption der vier Plattformversionen in Kapitel 6 wurden bereits einblendbare Antworten für die Wiederholungsfragen implementiert. Die finale adaptive Plattformversion enthielt darüber hinaus im Abschnitt Reflexion eine Sektion „5.3 Aufgaben“, für die drei kurze Quiz mithilfe der im Rahmen der Expertenfokusgruppe (siehe Abschnitt 5.4.2) genannten LearningApps-Webseite umgesetzt wurden (LearningApps 2020). Die Quiz konnten jeweils über einen zugehörigen Button aktiviert werden und mithilfe eines Klicks außerhalb der Interaktionsfläche wieder geschlossen werden. Das erste Quiz (siehe Abbildung 62) beinhaltete einen kurzen Multiple-Choice-Test mit Wissensfragen zur Wiederholung des Theorieabschnitts. Nach Abgabe der Einschätzung mithilfe des blauen Buttons in der unteren rechten Ecke der Anwendung wurde die korrekte Lösung entsprechend grün markiert, sodass ein direktes Feedback erfolgte. Zum Abschluss des Quiz wurde der Prozentsatz an korrekt wiedergegeben Antworten dargestellt.

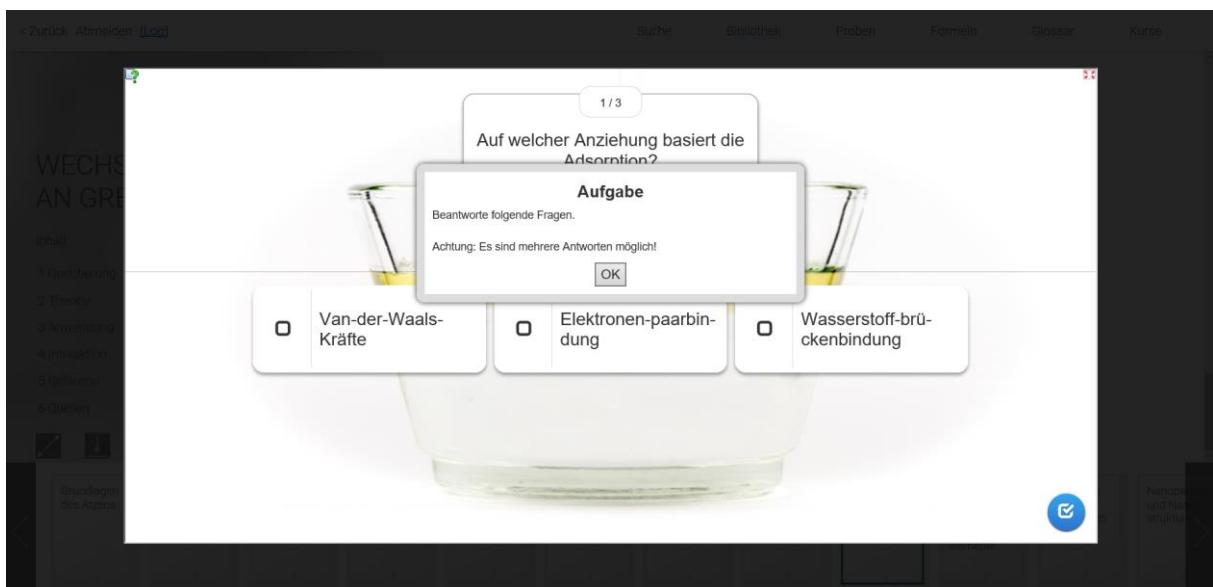


Abbildung 62: Multiple-Choice-Quiz zur Wiederholung des Theorieabschnitts des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“

Das zweite Quiz (siehe Abbildung 63) war ebenfalls ein Multiple-Choice-Test mit analogem Aufbau und Interaktionskonzept. Im Fokus stand dabei die Wiederholung der Inhalte des interaktiven Probenbetrachters.

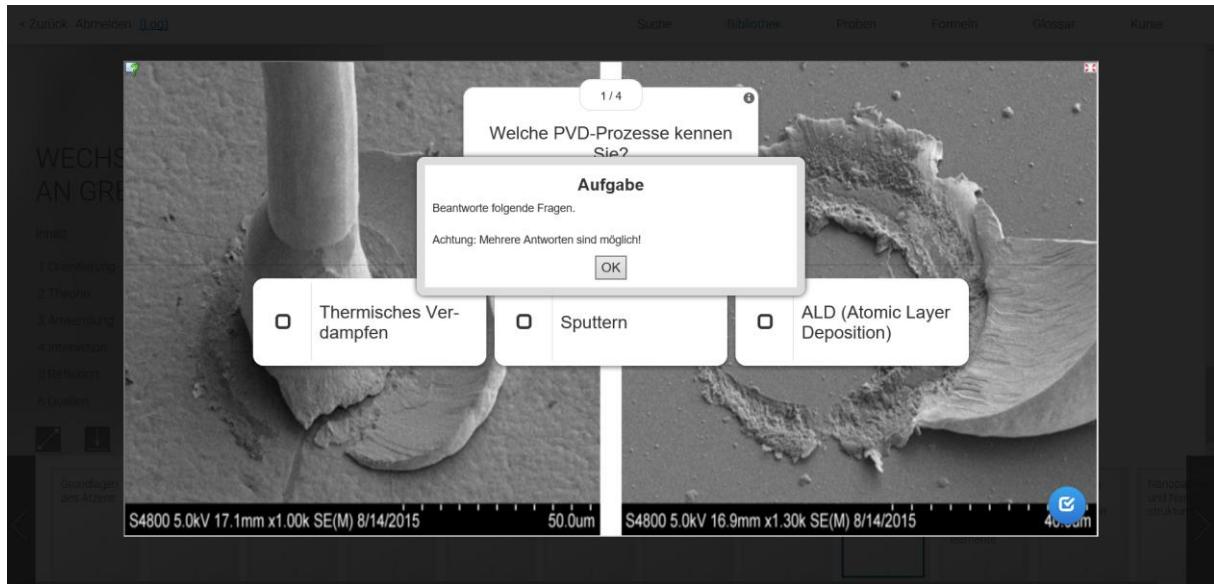


Abbildung 63: Multiple-Choice-Quiz zur Wiederholung der interaktiven Proben des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“

Das dritte Quiz (siehe Abbildung 64) war ein Drag-and-Drop-Test, bei dem Begriffe den passenden Aussagen zugeordnet werden mussten. Die Benutzer verschoben dabei die Begriffe mit der Maus zu den vorgegebenen Flächen. Eine Rückmeldung erfolgte direkt, indem die Begriffe an dieser Stelle blieben, falls sie richtig zugeordnet wurden und wieder zur Begriffsliste sprangen, falls sie falsch zugeordnet wurden.

Abbildung 64: Drag-and-Drop-Quiz zur Wiederholung von Fachbegriffen des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“

Überarbeitung der motivationsbasierten Adaptation

Da entsprechend der Befunde der Adaptationstechniken Vergleichsstudie neben der Kontrollgruppenversion insbesondere die Plattformversionen mit einem höheren Maß an Freiheitsgraden Zustimmung erfuhren, sollte die finale Variante ebenfalls ein weitgehend

selbstregulierte Lernen ermöglichen und mit unverbindlichen Vorschlägen oder Empfehlungen arbeiten. Positive Aussagen, die über die offenen Fragestellungen des Fragebogens der Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2.3) hinsichtlich der Motivationsförderlichkeit der Vorschläge der Link Annotation-Version getätigt wurden, stellten ein weiteres Indiz dar, diese Variante als Grundlage der Adaptation zu wählen. Eine mögliche Kombination mit der Agentenversion wurde verworfen, da der Mehrwert dieser Variante in Form einer reinen Vorschlagsliste kritisiert wurde. Die Direct Guidance-Version stellte während der Vergleichsstudie die größte Herausforderung hinsichtlich der Implementierung dar, da das ursprüngliche Konzept des freien Explorierens der Plattform angepasst werden musste. Für Benutzer ohne fachliches Vorwissen wäre dies eine geeignete Variante, für eine heterogene Zielgruppe, die teilweise auch über hohes domänen spezifisches Wissen verfügte, wurde die Version als zu große Einschränkung identifiziert. Für die Erstellung des finalen AEHS wurde aus der Direct Guidance-Version lediglich die konkrete Benennung des nächsten Abschnitts nach erfolgter Selbsteinschätzung der Lernmotivation entnommen.

Die finale Version der Lernplattform stellte somit eine optimierte Link Annotation-Version dar, bei der insbesondere darauf Wert gelegt wurde, die Annotation noch stärker hervorzuheben und die Empfehlungen für die Lernenden eindeutiger zu codieren. Die Abgabe der Selbsteinschätzung erfolgte analog zu den vier Plattformversionen wieder mithilfe der beiden Motivationsindikatoren Interesse und Erfolgzuversicht und der dreistufigen Antwortskala (siehe Abschnitt 6.1.1). Die Entscheidungstabelle, die für die Versionen der Vergleichsstudie erstellt wurde, wurde nicht nochmals angepasst, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den durchgeföhrten Studien und getesteten Plattformversionen zu ermöglichen.

Abbildung 1: Ausbildung einer Grenzfläche zwischen Flüssigkeiten (Wasser und Öl)

WECHSELWIRKUNGEN AN GRENZFLÄCHEN

Inhalt

- 1 Orientierung
- 2 Theorie
- 3 Anwendung**
- 4 Interaktion
- 5 Reflexion
- 6 Quellen

EINSCHÄTZUNG

	Stimme nicht zu	Teils/Teils	Stimme zu
Die Inhalte des aktuellen Abschnitts haben mich interessiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich fühle mich den Inhalten und/oder Aufgaben gewachsen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vielen Dank! Es geht weiter mit Abschnitt Anwendung.

< Grundlagen des Atzens | Lichtmikroskop | Rasterelektronenmikroskop | Kontaktwinkelmessgerät | Ionenfeinstrahlanlage (FIB) | Grundlagen der Diffusion | Diffusion in die Grenzfläche | Verunreinigungen | Wechselwirkungen an Grenzflächen | Funktionsweise einfacher Bauelemente | Skalierung und Kennzahlen | Nanopartikel und Nanostrukturen >

Abbildung 65: User Interface der finalen Plattformversion nach Einschätzung der aktuellen Motivation

Nach Abgabe der Einschätzung wurde ein konkreter Nachfolgeabschnitt mithilfe der Aussage „Vielen Dank! Es geht weiter mit Abschnitt X“ benannt. Darüber hinaus wurde die dezente Visualisierung der Annotation mithilfe einer kurzen Animation angereichert. Das Symbol und der zugehörige empfohlene Abschnitt vibrierten nach Abgabe der Einschätzung in der linken Navigationsleiste mehrfach von links nach rechts. Die Codierung war somit textuell über den Hinweis in der Einschätzungsbox sowie visuell über die Animation und das bereits bei der ursprünglichen Link Annotation-Version genutzte User Interface-Element. Abbildung 65 zeigt die Benutzeroberfläche nach erfolgter Selbsteinschätzung der Motivation.

7.2 Motivationsstudie im Kontext der adaptiven E-Learning Plattformversion

Die in Abbildung 35 in Abschnitt 4.4 vorgestellte und in Abschnitt 5.1 begonnene zweiteilige Evaluation der Lernmotivation beim Lernen mit NanoTecLearn fand im Rahmen der Motivationsstudie 2 ihren Abschluss. Die Untersuchung verfolgte den Ansatz einer Replikationsstudie, um zu überprüfen, inwiefern sich die erzielten Ergebnisse der Motivationsstudie 1 mit der nicht-adaptiven Plattformversion für das adaptive System wiederholen ließen und inwiefern sich die zugrundeliegenden theoretischen Konstrukte mit der weiterentwickelten Lernplattform bewährten (Döring und Bortz 2016, S. 42–43). Die Studie fand im Wintersemester 2018/19 im Zeitraum 13.12.2018-31.01.2019 statt und wurde als Laborstudie mit 64 Studierenden am Fachgebiet Medienproduktion der Technischen Universität Ilmenau durchgeführt. Das Labor und das generelle Untersuchungssetting mit zwei Bildschirmen, die zur Bearbeitung für die Studierenden bereits für die Motivationsstudie 1 und die Vergleichsstudie zur Verfügung standen, wurde auch für die Motivationsstudie 2 genutzt. Die Lernumgebung konnte somit über alle Studien des Untersuchungsdesigns konstant gehalten werden. Das Sample war im Vergleich zu den 71 Probanden der Motivationsstudie 1 geringfügig kleiner, stellte insgesamt jedoch eine gute Vergleichsgrundlage dar. Die weitgehend selbstregulierte Lernsituation, bei der das Booklet „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ mit den zugehörigen interaktiven Abschnitten bearbeitet wurde sowie die wiederholten Messungen des emotionalen Befindens blieben erhalten, um eine optimale Vergleichsgrundlage zu schaffen. Der Fokus lag auf der Erfassung motivationaler Konstrukte entsprechend des operationalisierten Prozessmodells der Lernmotivation (siehe Abbildung 36 in Abschnitt 5.1.1).

Die Untersuchungsschwerpunkte entsprachen den bereits der Motivationsstudie 1 zugrundeliegenden Forschungsfragen und Hypothesen (siehe Tabelle 2 in Abschnitt 4.2). Diese wurden ergänzt um die finale Betrachtung der Logfiles im Vergleich zu den vier Plattformversionen (siehe Abschnitt 6.2.3). Größtenteils wurde auf die Fragebogenbestandteile der Motivationsstudie 1 zurückgegriffen. Letzte Anpassungen und die dazugehörigen Untersuchungsinstrumente werden im nachfolgenden Abschnitt vorgestellt.

7.2.1 Operationalisierung und verwendete Untersuchungsinstrumente

Das operationalisierte Prozessmodell der Lernmotivation (Rheinberg et al. 2000, S. 505) und dessen Bestandteile der Motivationsstudie 1 dienten auch für die Motivationsstudie 2 als Grundlage. Es blieben z.B. der IMMS, der FAM und die PANAVA-KS zur Abfrage der Motivationsförderlichkeit des Instruktionsdesigns der Lernplattform, der aktuellen Motivation und des emotionalen Befindens erhalten. Eine Abfrage des Vorwissens mithilfe eines Kurztests erfolgte wieder vor dem Lernen mit NanoTecLearn, jedoch wurde der Test, und ebenso der abschließende Wissenstest, direkt in den studienbegleitenden Online-Fragebogen integriert. Die Fragen und Antworten des Vorwissenstests waren identisch zur Motivationsstudie 1. Der Abschlusstest wurde nochmals von den Verantwortlichen des Fachgebiets Mikromechanische Systeme überarbeitet. In diesem Zusammenhang wurden zudem die erweiterten Möglichkeiten der interaktiven Umsetzung genutzt und neben Multiple-Choice-Fragen auch zwei Sortierungsaufgaben integriert, bei denen Prozesse in eine korrekte Reihenfolge überführt werden sollten. Die Inhalte orientierten sich wieder am für die Bearbeitung relevanten Booklet „Wechselwirkungen an Grenzflächen“. Als Scoring wurde für beide Tests festgelegt, dass für jede Aufgabe ein Punkt vergeben wurde. Beide Tests umfassten insgesamt sechs Aufgaben. Die Tests sowie das zugehörige Scoring finden sich zusammen mit dem Online-Fragebogen der Motivationsstudie 2 im Anhang A6.1.

Auf Seiten der Personenfaktoren wurde die NGSES zur Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung ersetzt durch die Allgemeine Selbstwirksamkeit Kurzskala (ASKU). Dieses eindimensionale Instrument mit drei Items und fünfstufiger Likert-Skala stellte eine Möglichkeit dar, eigene Kompetenzen im Alltag, auch im Umgang mit Schwierigkeiten einzuschätzen und sollte Auskunft geben, inwiefern kritische Anforderungen aus eigener Kraft bewältigt werden konnten (Beierlein et al. 2012, S. 7). Das Instrument adressierte weiterhin den Aspekt einer generalisierten Erfahrungsbewertung von Erfolgen und Misserfolgen. Für diese leistungsthematischen Aspekte der aktuellen Motivation konnten in der Motivationsstudie 1 Zusammenhänge nachgewiesen werden (siehe Abschnitt 5.1.3), die über die Verwendung der ASKU nochmals überprüft werden sollten.

7.2.2 Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchung fand im Wintersemester 2018/19 mit 64 Studierenden als Laborstudie statt. Die Akquise über studentische E-Mail-Verteiler und die Vergütung der Teilnahme mit einem Probandenhonorar über das Forschungsprojekt SensoMot erfolgte analog zu den anderen Laborstudien (siehe Abschnitte 5.1.2 und 6.2.2). Die Eintragung erfolgte durch die Studierenden über vorgegebene Tages- und Zeitslots. Abbildung 66 zeigt den Ablauf und die Bestandteile der Motivationsstudie 2.

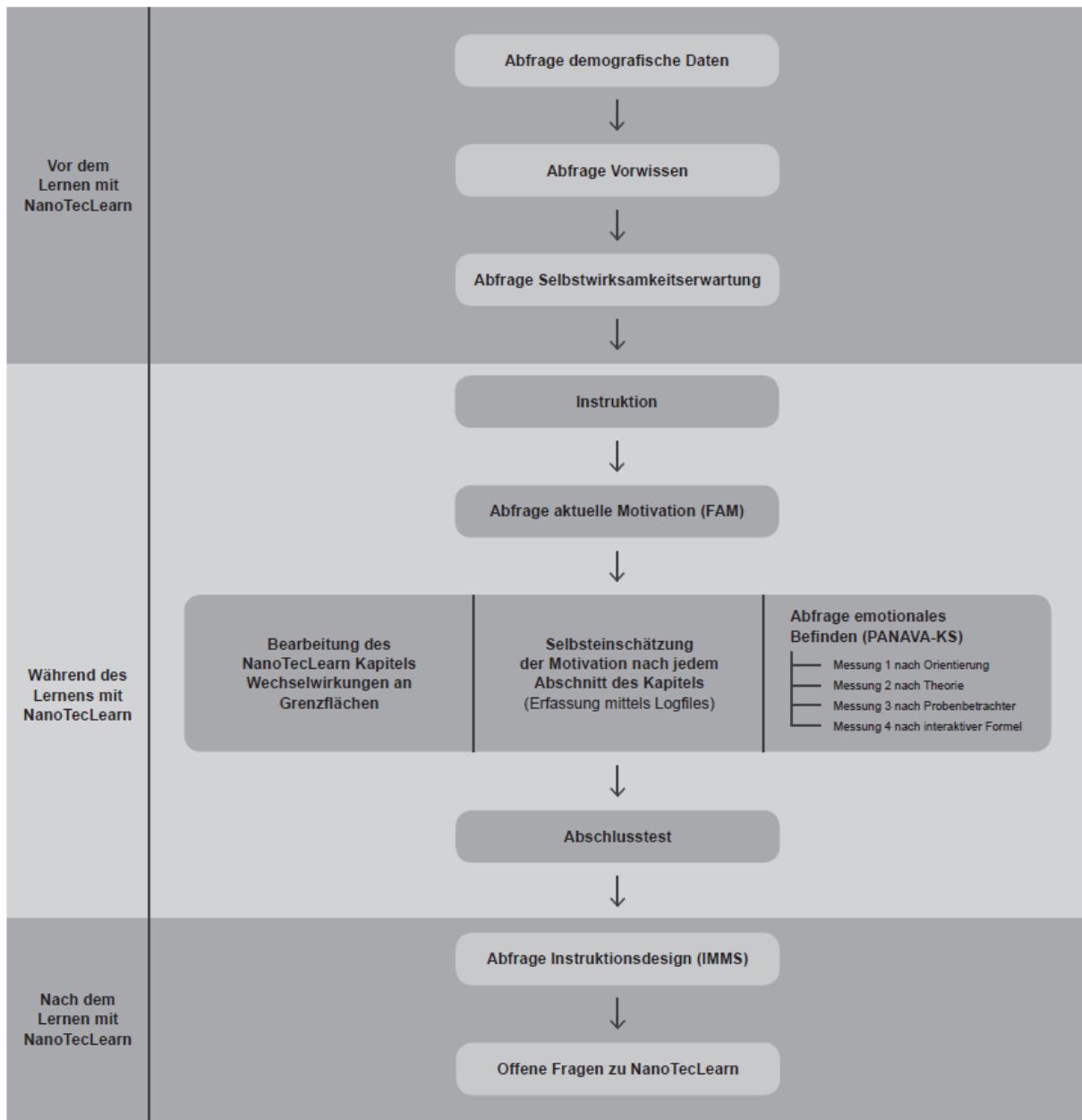


Abbildung 66: Ablauf und Bestandteile der Motivationsstudie 2 (eigene Darstellung)

Vor dem Lernen mit NanoTecLearn

Der Ablauf der ersten Phase blieb weitgehend unverändert, es wurde lediglich die ASKU anstelle der NGSES zur Erhebung der Selbstwirksamkeitserwartung verwendet und das Vorwissen direkt über den Online-Fragebogen abgefragt. Die Akquise richtete sich wieder primär an Studierende der Technischen Universität Ilmenau mit Berührungspunkten zum Themenbereich Mikrotechnik. Die geringen Studierendenzahlen der adressierten Studiengänge sowie eine insgesamt geringere Teilnahmebereitschaft führte zu einer im Vergleich zur Motivationsstudie 1 deutlich früheren Öffnung des Teilnehmerfeldes für fachfremde Studiengänge. Analog zu den vorherigen Laborstudien war ein Testleiter permanent anwesend, der zudem die Begrüßung und Einführung vornahm und die Probanden an den entsprechenden mit Probandennummern versehenen Platz führte.

Während des Lernens mit NanoTecLearn

Die zweite Phase der Studie begann in Übereinstimmung mit der Motivationsstudie 1 mit einer Instruktion und Abfrage der aktuellen Motivation mithilfe des FAM. Daraufhin sollte das Booklet „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ für ca. 40-45 Minuten bearbeitet werden. Mithilfe der Übernahme des Lernschwerpunkts der Motivationsstudie 1 sollte eine möglichst exakte Replikation des selbstregulierten Lernsettings erzielt werden und vermieden werden, dass der Lerninhalt als Störvariable eine Verzerrung der Ergebnisse bewirken könnte. Währenddessen wurden analog zur Adaptationstechniken Vergleichsstudie Logfiles erfasst und die Studierenden waren angehalten, nach jedem Abschnitt eine Selbsteinschätzung mithilfe der beiden Motivationsindikatoren Interesse und Erfolgszuversicht vorzunehmen (siehe Abschnitt 6.2.2).

Eine Herausforderung stellte die Abfrage des emotionalen Befindens mithilfe der PANAVA-KS dar. In der Motivationsstudie 1 wurde dies inhaltsbasiert nach Beendigung der Abschnitte Theorie, Probenbetrachter und Formel sowie vor dem Lernen mit NanoTecLearn als Ausgangswert erfasst, was aufgrund des nicht-adaptiven seriellen Durcharbeitens der Abschnitte unkompliziert umsetzbar war und eine direkte Integration der Abfrage in den Online-Fragebogen ermöglichte. Aufgrund der Anpassung der Benutzerführung mithilfe der gewählten Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung konnte ein solches Abarbeiten im Kontext der Motivationsstudie 2 nicht mehr gewährleistet werden. Je nach Einschätzung der Motivation und der daraus resultierenden systemseitigen Vorschläge konnte jeder Proband einen individuellen Lernpfad durch das Material verfolgen. Als Kompromiss zwischen dem Erhalt des ursprünglichen Untersuchungssettings und den Rahmenbedingungen der adaptiven Plattformversion wurde eine möglichst deckungsgleiche Positionierung der Messzeitpunkte angestrebt. Die Messzeitpunkte zwei bis vier wurden wieder im Anschluss an die Abschnitte Theorie, Probe und Formel platziert. Der erste Messzeitpunkt wurde an das Ende des Orientierungsabschnitts verlegt. Eine Integration der PANAVA-KS in den Online-Fragebogen war aufgrund der individuellen Lernpfade nicht mehr möglich. Es wurden stattdessen Pop-Up-Fenster verwendet, die vor dem Verlassen der vier Abschnitte des Booklets erschienen. Diese wurden ebenfalls mit der Unipark-Software erstellt und der Aufruf wurde über NanoTecLearn initiiert. Das Booklet sollte insgesamt zudem umfassender bearbeitet werden als bei der Motivationsstudie 1, um z.B. die neu hinzugefügten Bestandteile des Abschnitts Reflexion zu evaluieren.

Nach dem Lernen mit NanoTecLearn

Im Anschluss an die Lernsession erfolgte die direkt im Online-Fragebogen integrierte Wissensabfrage in Form des Abschlusstests. In der dritten Phase der Untersuchung wurde das Instruktionsdesign mithilfe des IMMS analog zur Motivationsstudie 1 evaluiert. Anstelle eines von der Testleitung geführten Abschlussinterviews wurden in dieser Untersuchung stattdessen die beiden offenen

Fragestellungen der Vergleichsstudie genutzt, um die Eignung der Systemvorschläge sowie mögliche aufgetretene Probleme zu erfassen (siehe Abschnitt 6.2.2). Zum Abschluss der Studie erfolgte das Ausfüllen des Bogens zur Vergabe des Probandenhonorars und eine Verabschiedung der Probanden durch die Testleitung. Der Ablauf, die Verständlichkeit der Bestandteile der Untersuchung und insbesondere die Abfrage des PANAVA-KS mithilfe der Pop-Up-Fenster wurden in einem Pretest vorab evaluiert.

7.2.3 Ergebnisse der Motivationsstudie 2

Die Datenauswertung erfolgte wieder mithilfe der Software SPSS 24. Der Datensatz beinhaltet zudem die Punktzahlen der Vorwissens- und Abschlusstests. Die Zusammenfassung der beiden offenen Fragestellungen findet sich im Anhang A6.3.

Beschreibung der Stichprobe

Der Datensatz umfasste 64 ausgefüllte Fragebögen. Das Alter der Stichprobe reichte von 19 bis 36 Jahren ($M=24.31$, $SD=3.80$) und war somit vergleichbar zur Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3). 50% der Angaben entfielen auf die Altersgruppe von 21 bis 24 Jahren, was sich insgesamt im etwas geringeren Durchschnittsalter der Stichprobe im Vergleich zur Motivationsstudie 1 widerspiegelte. 39 Probanden waren männlich und 25 Probanden waren weiblich, das heißt der Anteil der Teilnehmerinnen konnte im Vergleich zur Motivationsstudie 1 erhöht werden. Die Angabe zum angestrebten Abschluss der Probanden lieferte eine mögliche Erklärung für das insgesamt etwas geringere Durchschnittsalter, da 38 Studierende und somit 59,4% der Stichprobe in Bachelorstudiengängen immatrikuliert waren und lediglich 21 Probanden in Masterstudiengängen. Das durchschnittliche Fachsemester ($M=6.06$, $SD=4.34$) war im Vergleich zur Motivationsstudie 1 deutlich höher. Somit war ein Großteil der Probanden aus Bachelorstudiengängen bereits in einer fortgeschrittenen Phase des Studiums. Hinsichtlich der Angabe der Studiengänge machte sich die frühzeitige Öffnung für fachfremde Studiengänge dahingehend bemerkbar, dass 62,5% der Angaben auf Sonstiges entfielen. 40 Studierende waren demnach in den drei Medienstudiengängen der Universität immatrikuliert und lediglich 24 Studierende in fachlich passenden Studiengängen, was eine deutlich veränderte Verteilung im Vergleich zur Motivationsstudie 1 darstellte.

Die Filterung des Vorwissens über eine Abfrage, inwiefern Vorkenntnisse zum Themenbereich Mikrotechnik vorhanden waren, zeigte, dass lediglich neun Probanden angaben, über entsprechendes Vorwissen zu verfügen. Das Abschneiden im Vorwissenstest war im Vergleich zur Motivationsstudie jedoch nur geringfügig schlechter ($M=3.97$, $SD=1.07$), was entsprechend des Scorings einem durchschnittlichen Vorwissen im Themenbereich Mikrotechnik entsprechen würde. 17 Studierende wiesen ein hohes und 28 Studierende ein durchschnittliches Vorwissen gemäß der Testergebnisse auf.

Insgesamt konnte somit von einem etwas geringerem, jedoch weiterhin durchschnittlichem Vorwissen in der Stichprobe ausgegangen werden. Zusammenfassend konnte die Beschaffenheit der Stichprobe der Motivationsstudie 1 nicht optimal reproduziert werden, da deutlich mehr Bachelorstudierende, insbesondere aus fachfremden Studiengängen, an der Untersuchung teilnahmen.

Datenauswertung und Beantwortung der Hypothesen und Forschungsfragen

Als Skalenniveau der Motivationsstudie 2 wurde aufgrund der vorhandenen Likert-Skalen die Intervallskala angenommen (Döring und Bortz 2016, S. 269). Die Beantwortung der Forschungsfragen erfolgte wieder anhand der zugeordneten Hypothesen (siehe Tabelle 2 in Abschnitt 4.2). Den Abschluss bildeten zusätzliche Analysen zur Auswertung der Logfiles im Vergleich zu den vier Plattformversionen der Adaptationstechniken Vergleichsstudie.

H1: Je höher das Vorwissen, desto höher ist die aktuelle Motivation.

Die Aufbereitung und Auswertung des FAM erfolgte entsprechend des in Abschnitt 5.1.3 beschriebenen Vorgehens. Die Ausprägung des Vorwissens wurde bereits im Rahmen der Stichprobenbeschreibung vorgestellt. Tabelle 130 zeigt die Häufigkeitsanalyse (Janssen und Laatz 2017, S. 204–206) der aktuellen Motivation der Motivationsstudie 2.

Tabelle 130: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des FAM

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Interesse (5) ^a	4.38	0.82	0.69
Herausforderung (4) ^b	5.32	0.72	0.57
Erfolgswahrscheinlichkeit (4) ^c	4.58	1.75	0.82
Misserfolgsbefürchtung (5) ^d	3.20	1.00	0.80

Anmerkungen. N=64. ^a Min=2.60, Max=6.00; ^b Min=3.50, Max=6.75; ^c Min=1.75, Max=6.50; ^d Min=1.00, Max=5.60

Die Herausforderung wies von allen vier Faktoren den höchsten Mittelwert auf ($M=5.32$, $SD=0.72$), gefolgt von der Erfolgswahrscheinlichkeit ($M=4.58$, $SD=1.75$) und dem Interesse ($M=4.38$, $SD=0.82$). Eine Misserfolgsbefürchtung war entsprechend der Skalenmaxima von 1 bis 7 lediglich geringfügig unterhalb des Skalenmittelpunkts gegeben ($M=3.20$, $SD=1.00$). Insgesamt konnte somit auch bei der Motivationsstudie 2 von einer relativ hohen aktuellen Motivation nach Lesen der Aufgabenstellung und vor dem Lernen mit dem finalen AEHS ausgegangen werden. Im Vergleich zur Motivationsstudie 1 wurde die Aufgabe jedoch als größere Herausforderung eingeschätzt und eine höhere Misserfolgsbefürchtung wurde berichtet. Interesse und Erfolgswahrscheinlichkeit waren zudem geringer ausgeprägt. Inwiefern sich die Mittelwerte der FAM-Faktoren signifikant von der Motivationsstudie 1 unterschieden, wurde ebenfalls untersucht. Die Befunde sowie die Vergleiche der Fragebogeninstrumente IMMS und PANAVA-KS für beide Motivationsstudien werden nach der Hypothesenauswertung beschrieben. Hinsichtlich der stark ausgeprägten Herausforderung wurde insbesondere Items zugestimmt, die eine hohe Anstrengungsbereitschaft signalisierten. Es konnte

davon ausgegangen werden, dass trotz der fehlenden Einbindung in eine Lehrveranstaltung ein Bestreben erkennbar war, sich gewissenhaft mit den Inhalten auseinanderzusetzen. Hinsichtlich der Erfolgswahrscheinlichkeit war eine überdurchschnittliche Zustimmung vorhanden, den Anforderungen der Aufgabe gewachsen zu sein. Hinsichtlich der Misserfolgsbefürchtung wies die Scham vor einem Versagen einen Mittelwert leicht oberhalb des Skalenmittelpunkts auf. Beim Faktor Interesse wurde Items zugestimmt, die die Aufgabe sowie das Entdecken von Zusammenhängen im gegebenen Lernkontext als interessant bezeichneten. Die vollständigen Befunde der Items des FAM und der anderen Fragebögen der Motivationsstudie 2 finden sich in Anhang A6.2.

Die internen Konsistenzen (Cronbach 1951) lieferten für den Faktor Herausforderung in Übereinstimmung mit der Motivationsstudie 1 und der Vergleichsstudie wieder den geringsten Wert (Cronbachs $\alpha=0.57$). Der Reliabilitätswert war jedoch besser als jener der Motivationsstudie 1 und in etwa auf dem Niveau der Vergleichsstudie. Die Items dieses Faktors schienen jedoch insgesamt über alle drei Studien hinweg das Konzept der Herausforderung nicht optimal abbilden zu können. Das Interesse erzielte einen schlechteren Wert im Vergleich zur Motivationsstudie 1 (Cronbachs $\alpha=0.69$). Die beiden leistungsthematischen Faktoren des FAM wiesen jedoch gute Werte auf und konnten die Konstrukte Erfolgswahrscheinlichkeit (Cronbachs $\alpha=0.82$) und Misserfolgsbefürchtung (Cronbachs $\alpha=0.80$) somit treffend abbilden. Die aktuelle Motivation konnte insgesamt auch in der Motivationsstudie 2 akzeptabel über den FAM abgebildet werden. Der angenommene Zusammenhang der Hypothese wurde für jeden der vier FAM-Faktoren mithilfe einer Korrelationsanalyse nach Pearson (Janssen und Laatz 2017, S. 387–390) ausgewertet. Das Ergebnis findet sich in Tabelle 131. Im Gegensatz zur Motivationsstudie 1 konnten für die Faktoren Interesse ($r=0.363$, $p=0.002$) und Erfolgswahrscheinlichkeit ($r=0.468$, $p<0.001$) signifikante moderate positive Zusammenhänge nachgewiesen werden. Ein hohes Vorwissen würde demnach erwartungsgemäß mit einem hohen Interesse sowie einer positiv bewerteten Erfolgswahrscheinlichkeit einhergehen.

Tabelle 131: Zusammenhang zwischen Motivation und Vorwissenstest

	Vorwissen
Interesse	0.363* (0.002)
Herausforderung	-0.178 (0.080)
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.468* (<0.001)
Misserfolgsbefürchtung	-0.106 (0.202)

Anmerkungen. N=64. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Zur weiterführenden Untersuchung der Befunde wurden einfache lineare Regressionsanalysen (Bortz und Schuster 2010, S. 183) durchgeführt. Die signifikanten Zusammenhänge für Interesse und Erfolgswahrscheinlichkeit spiegelten sich auch in signifikanten Einflüssen des Vorwissens auf diese Faktoren wider (siehe Tabelle 132 und 133).

Tabelle 132: Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch den Vorwissenstest

Prädiktor	B	SE	β
Vorwissen	0.277*	0.090	0.363
R ²	0.132		
F(1,62)	9.426 (0.003)		

Anmerkungen. N=64. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 133: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch den Vorwissenstest

Prädiktor	B	SE	β
Vorwissen	0.447*	0.107	0.468
R ²	0.219		
F(1,62)	17.352 (<0.001)		

Anmerkungen. N=64. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Das Modell zur Vorhersage des Interesses zeigte mit R²=0.132 eine moderate Varianzaufklärung und lieferte zudem signifikante Ergebnisse, F(1,62)=9.426, p=0.003. Eine höhere Punktzahl im Vorwissenstest würde demnach mit einem Anstieg der Interessenbewertung um 0.277 einhergehen. Für die Erfolgswahrscheinlichkeit erwies sich das Vorwissen ebenfalls als signifikanter Prädiktor, F(1,62)=17.352, p<0.001. Das Modell zeigte eine moderate Varianzaufklärung (R²=0.219). Eine höhere Punktzahl im Vorwissenstest würde mit einer um 0.447 höheren Selbsteinschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit einhergehen.

Zusammenfassend konnte somit ein stärkerer Zusammenhang zwischen Vorwissen und aktueller Motivation im Vergleich zur Motivationsstudie 1 nachgewiesen werden. Dies galt insbesondere für die FAM-Faktoren Interesse und Erfolgswahrscheinlichkeit, die beide signifikant positiv durch das Vorwissen beeinflusst wurden. Die Hypothese wurde somit eher angenommen.

H2: Je höher die Selbstwirksamkeitserwartung, desto höher ist die aktuelle Motivation.

Zur Beantwortung der zweiten Hypothese wurde neben dem FAM die ASKU als neues Instrument zur Abfrage der Selbstwirksamkeitserwartung verwendet. Entsprechend der Skalenmaxima von 1 bis 5 ergab sich eine überdurchschnittliche allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung des Samples ($M=3.83$, $SD=0.50$). Die Studierenden stimmten Aussagen zu, dass sie sich auf ihre Fähigkeiten bei komplexen Aufgabenstellungen verlassen konnten und Probleme aus eigener Kraft meistern konnten. Die Reliabilität der Skala wies jedoch einen schlechten Wert auf (Cronbachs $\alpha=0.58$). Das Konstrukt konnte mithilfe der ASKU somit weniger gut erfasst werden als mit der NGSES, die im Rahmen der Motivationsstudie 1 verwendet wurde. Der Wechsel des Instruments erzielte somit nicht die gewünschte Wirkung und eignete sich im Kontext der Studie weniger gut als erwartet.

Tabelle 134: Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung

	Selbstwirksamkeitserwartung
Interesse	0.021 (0.436)
Herausforderung	0.144 (0.128)
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.118 (0.176)
Misserfolgsbefürchtung	-0.116 (0.181)

Anmerkungen. N=64

Die in Tabelle 134 dargestellte Korrelationsanalyse konnte keine signifikanten Zusammenhänge zwischen FAM und ASKU nachweisen. Einfache lineare Regressionsanalysen lieferten ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse. Auf deren Darstellung wurde daher verzichtet. Insgesamt musste die Hypothese somit abgelehnt werden, wobei die schlechte interne Konsistenz der ASKU als möglicher Grund herangezogen werden könnte.

H3: Je höher das Vorwissen, desto höher ist die Selbstwirksamkeitserwartung.

Eine Korrelationsanalyse ergab keinen signifikanten Zusammenhang ($r=0.147$, $p=0.123$) zwischen den beiden Personenfaktoren Vorwissen und Selbstwirksamkeitserwartung. Eine anschließende Regressionsanalyse konnte ebenfalls keinen signifikanten Einfluss nachweisen. Auf deren Darstellung wurde daher verzichtet. Die Hypothese musste folglich abgelehnt werden. Die erste Forschungsfrage konnte dahingehend beantwortet werden, dass im Rahmen der Motivationsstudie 2 lediglich das Vorwissen ein teilweise signifikanter Prädiktor der aktuellen Motivation war, insbesondere für die Erfolgswahrscheinlichkeit und das Interesse. Die Selbstwirksamkeitserwartung erwies sich im Gegensatz zur Motivationsstudie 1 als ungeeigneter Prädiktor der aktuellen Motivation. Das Konstrukt wurde darüber hinaus auch nicht vom Vorwissen beeinflusst.

H4: Je besser das Instruktionsdesign bewertet wird, desto höher ist die aktuelle Motivation.

Die vierte Hypothese und dazugehörige zweite Forschungsfrage untersuchte den Zusammenhang zwischen Instruktionsdesign, abgefragt über den IMMS, und aktueller Motivation, abgefragt über den FAM. Die Häufigkeitsanalyse des FAM wurde im Kontext der Hypothese 1 beschrieben. Tabelle 135 komplettiert die Betrachtung um die Ergebnisse des IMMS.

Tabelle 135: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des IMMS

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Attention (5) ^a	3.81	0.57	0.69
Relevance (4) ^b	3.39	0.51	0.05
Confidence (4) ^c	3.32	0.68	0.65
Satisfaction (4) ^d	3.10	0.57	0.49

Anmerkungen. N=64. ^a Min=2.40, Max=5.00; ^b Min=2.50, Max=4.50; ^c Min=1.50, Max=4.75; ^d Min=2.00, Max=4.50

Insgesamt waren alle vier Faktoren unter Berücksichtigung der Skalenmaxima von 1 bis 5 in Übereinstimmung der Befunde der Motivationsstudie 1 positiv ausgeprägt. Die Attention erzielte

analog zur ersten Erhebung wieder den höchsten Wert ($M=3.81$, $SD=0.57$), gefolgt von der Relevance ($M=3.39$, $SD=0.51$) und der Confidence ($M=3.32$, $SD=0.68$). Alle vier Faktoren erfuhrn jedoch eine geringere Zustimmung im Vergleich zur Motivationsstudie 1. Mögliche signifikante Unterschiede in der Bewertung werden am Ende des Abschnitts untersucht. Hinsichtlich des Faktors Attention wurde die Plattform insbesondere als visuell ansprechend und vielfältig in den Darstellungsformen bewertet. Eine geringe Zustimmung erfuhr die Qualität der Textformulierung zum Aufrechterhalten der Aufmerksamkeit. Hinsichtlich der Confidence wurde Aussagen zugestimmt, nach denen die Lernplattform sowie deren Inhalte von Beginn an den Eindruck vermittelte, schnell verständlich zu sein.

Hinsichtlich der internen Konsistenz des IMMS fiel insbesondere der Faktor Relevance negativ auf, der eine inakzeptable Reliabilität aufwies (Cronbachs $\alpha=0.05$). Die gewählten Items konnten die Einschätzung der Relevanz der Lernplattform somit nicht treffend abbilden. Ein mögliches Problem könnte in diesem Zusammenhang das fehlende Einbetten des Untersuchungssettings in eine konkrete Lehrveranstaltung sein. Der Faktor wurde für die nachfolgenden Analysen daher ignoriert. Die übrigen drei IMMS-Faktoren Attention (Cronbachs $\alpha=0.69$), Confidence (Cronbachs $\alpha=0.65$) und Satisfaction (Cronbachs $\alpha=0.66$) erzielten akzeptable Werte. Da die Gesamtreliabilität des IMMS ebenfalls akzeptabel war (Cronbachs $\alpha=0.75$), konnte für die nachfolgenden Analysen zumindest für die Faktoren Attention, Confidence und Satisfaction angenommen werden, dass die Konstrukte treffend abgebildet wurden. Tabelle 136 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Pearson für die Kombination der vier FAM-Faktoren und der IMMS-Faktoren ohne Berücksichtigung der Relevance.

Tabelle 136: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Instruktionsdesign

	Attention	Confidence	Satisfaction
Interesse	0.033 (0.398)	0.289* (0.010)	0.338* (0.003)
Herausforderung	0.084 (0.255)	0.110 (0.193)	0.052 (0.341)
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.070 (0.290)	0.403* (<0.001)	0.212* (0.046)
Misserfolgsbefürchtung	0.055 (0.332)	-0.110 (0.193)	-0.030 (0.408)

Anmerkungen. N=64. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Für die Attention und die aktuelle Motivation konnten im Gegensatz zur Motivationsstudie 1 keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden. Die Confidence wies signifikante moderate positive Zusammenhänge mit dem Interesse ($r=0.289$, $p=0.010$) und der Erfolgswahrscheinlichkeit ($r=0.403$, $p<0.001$) auf. Der erwartete signifikante Zusammenhang zwischen Confidence und Erfolgswahrscheinlichkeit konnte in der Motivationsstudie 2 demnach nachgewiesen werden. Die Satisfaction zeigte ebenfalls signifikante moderate positive Zusammenhänge mit dem Interesse ($r=0.338$, $p=0.003$) und der Erfolgswahrscheinlichkeit ($r=0.212$, $p=0.046$).

Zur Untersuchung signifikanter Einflüsse wurden multiple lineare Regressionsanalysen (Bortz und Schuster 2010, S. 342) durchgeführt. Das Instruktionsdesign erwies sich als signifikanter Einflussfaktor

des Interesses, $F(3,60)=3.437$, $p=0.022$ (siehe Tabelle 137). Das Modell zeigte eine moderate Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.104$). Als signifikanter Prädiktor konnte die Satisfaction ($p=0.050$) identifiziert werden. Eine höhere Selbsteinschätzung der Zufriedenheit würde demnach mit einer um 0.419 höheren Bewertung des Interesses einhergehen.

Tabelle 137: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des Interesses durch das Instruktionsdesign

Prädiktoren	B	SE	β
Attention	-0.204 (0.283)	0.188	-0.142
Confidence	0.221 (0.215)	0.176	0.182
Satisfaction	0.419* (0.050)	0.209	0.292
R^2	0.147		
korr. R^2	0.104		
$F(3,60)$	3.437 (0.022)		

Anmerkungen. N=64. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 138: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erfolgswahrscheinlichkeit durch das Instruktionsdesign

Prädiktoren	B	SE	β
Attention	-0.470* (0.041)	0.225	-0.262
Confidence	0.710* (0.001)	0.211	0.211
Satisfaction	0.098 (0.698)	0.251	0.054
R^2	0.219		
korr. R^2	0.180		
$F(3,60)$	5.611 (0.002)		

Anmerkungen. N=64. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Der Einfluss der IMMS-Faktoren auf die Erfolgswahrscheinlichkeit (siehe Tabelle 138) war ebenfalls signifikant, $F(3,60)=5.611$, $p=0.002$, mit einer moderaten Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.180$). Als signifikante Einflussfaktoren konnten die Attention ($p=0.041$) und die Confidence ($p=0.001$) identifiziert werden. Eine höhere Selbsteinschätzung der Confidence würde mit einer um 0.710 höheren Bewertung der Erfolgswahrscheinlichkeit einhergehen. Ein unerwarteter Befund war der negative Einfluss der Attention in Form des Absinkens der Bewertung um 0.470.

Die Hypothese konnte somit teilweise angenommen werden, wobei insbesondere das Interesse und die Erfolgswahrscheinlichkeit signifikant vom Instruktionsdesign beeinflusst wurden. Für den FAM-Faktor Interesse konnten die signifikanten Zusammenhänge der Motivationsstudie 1 bestätigt werden. Im Unterschied zur Motivationsstudie 1 zeigte sich der leistungsthematische FAM-Faktor Erfolgswahrscheinlichkeit als teilweise signifikant beeinflusst von den Angaben des IMMS. Für die Herausforderung konnten die Befunde der ersten Erhebung nicht bestätigt werden. Die Hypothesen 5 und 6 dienten der Beantwortung der Forschungsfrage zur Analyse der Beziehung zwischen Personen- und Situationsfaktoren, jedoch ohne Berücksichtigung des Faktors Relevance.

H5: Je höher das Vorwissen, desto besser wird das Instruktionsdesign bewertet.

Tabelle 139 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Pearson. Analog zu den Befunden der Motivationsstudie 1 konnte wieder ein signifikanter moderater positiver Zusammenhang zwischen den Ergebnissens des Vorwissenstests und der Confidence ($r=0.333, 0.004$) nachgewiesen werden.

Tabelle 139: Zusammenhang zwischen Vorwissenstest und Instruktionsdesign

	Vorwissen
Attention	0.026 (0.418)
Confidence	0.333* (0.004)
Satisfaction	0.097 (0.222)

Anmerkungen. N=64. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Eine weiterführende einfache lineare Regressionsanalyse (siehe Tabelle 140) konnte einen signifikanten Einfluss des Vorwissens auf die Confidence nachweisen, $F(1,62)=7.750, p=0.007$. Das Modell zeigte eine moderate Varianzaufklärung ($R^2=0.111$). Eine höhere Punktzahl im Vorwissenstest würde mit einer besseren Bewertung der Confidence um 0.211 einhergehen.

Tabelle 140: Regressionsanalyse zur Vorhersage der Confidence durch den Vorwissenstest

Prädiktor	B	SE	β
Vorwissen	0.211*	0.076	0.333
R^2	0.111		
$F(1,62)$	7.750 (0.007)		

Anmerkungen. N=64. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Die Hypothese musste insgesamt eher abgelehnt werden, da kein genereller Zusammenhang zwischen Vorwissenstest und IMMS nachgewiesen werden konnte. Analog zur Motivationsstudie 1 erwies sich das Vorwissen als Prädiktor der Erfolgzuversicht, die durch die Lernplattform vermittelt wurde.

H6: Je höher die Selbstwirksamkeitserwartung, desto besser wird das Instruktionsdesign bewertet.

Tabelle 141 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse von ASKU und IMMS. In Übereinstimmung zu den Befunden der Motivationsstudie 1 konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Selbstwirksamkeitserwartung und dem Instruktionsdesign nachgewiesen werden. Der ausbleibende Einfluss der Selbstwirksamkeitserwartung auf die Confidence wiederholte sich damit auch bei der zweiten Erhebung. Die Hypothese wurde somit abgelehnt.

Tabelle 141: Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeitserwartung und Instruktionsdesign

	Selbstwirksamkeitserwartung
Attention	0.173 (0.086)
Confidence	0.142 (0.132)
Satisfaction	0.199 (0.058)

Anmerkungen. N=64

Insgesamt konnten die Befunde der dritten Forschungsfrage sowie der Hypothesen 5 und 6 im Rahmen der Motivationsstudie 2 repliziert werden. Die Selbstwirksamkeitserwartung eignete sich auch bei der Verwendung der ASKU nicht als Prädiktor für die Bewertung des Instruktionsdesigns und das Vorwissen nahm lediglich Einfluss auf die durch die Lernplattform vermittelte Erfolgszuversicht. Die Hypothesen 7 und 8 und die dazugehörige Forschungsfrage adressierten mögliche Zusammenhänge zwischen der aktuellen Motivation und der Vermittlungsgröße emotionales Befinden.

H7: Je höher die aktuelle Motivation, desto höher ist der Ausgangswert des emotionalen Befindens.

Zur Vorbereitung der Korrelationsanalyse wurden die Häufigkeiten der ersten PANAVA-KS Messung untersucht. Aufgrund von teilweise nicht angezeigten Pop-Up-Fenstern zur Abfrage des PANAVA-KS kam es bei allen vier Messzeitpunkten, insbesondere bei der zweiten bis vierten Messung, zu Datenverlusten. Die Stichprobengrößen werden pro Messzeitpunkt in den Anmerkungen der Tabellen genannt. Tabelle 142 zeigt die Häufigkeitsanalyse der ersten Messung,

Tabelle 142: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des PANAVA (1. Messung)

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Positive Aktivierung 1 (4) ^a	4.52	0.81	0.87
Negative Aktivierung 1 (4) ^b	2.73	1.16	0.92
Valenz 1 (2) ^c	5.08	1.07	0.91

Anmerkungen. N=63. ^a Min=2.25, Max=6.00; ^b Min=1.00, Max=5.50; ^c Min=2.50, Max=7.00. Cronbachs α wurde für die Faktoren über alle vier Messzeitpunkte ermittelt

Die positive Aktivierung ($M=4.52$, $SD=0.81$) und die Valenz ($M=5.08$, $SD=1.07$) waren unter Berücksichtigung der Skalenmaxima von 1 bis 7 moderat positiv, wenn auch geringer als bei der Motivationsstudie 1, ausgeprägt. Die negative Aktivierung lag unterhalb des Skalenmittelpunkts ($M=2.73$, $SD=1.16$) und wies einen geringfügig höheren Wert im Vergleich zur ersten Erhebung auf. Mögliche signifikante Unterschiede in der Bewertung der vier Messzeitpunkte des PANAVA-KS zwischen beiden Motivationsstudien werden am Ende des Abschnitts untersucht. Die internen Konsistenzen wurden je Faktor über alle vier Messzeitpunkte hinweg ermittelt. In Übereinstimmung der Befunde der Motivationsstudie 1 wiesen die drei Faktoren sehr gute Reliabilitäten auf, insbesondere die negative Aktivierung (Cronbachs $\alpha=0.92$). Das emotionale Befinden während des Lernens konnte somit wieder treffend mithilfe der PANAVA-KS erfasst werden.

Tabelle 143: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und Ausgangswert des emotionalen Befindens

	Interesse	Herausforderung	Erfolgswahrscheinlichkeit	Misserfolgsbefürchtung
PA1	0.151 (0.119)	-0.054 (0.336)	0.254* (0.022)	-0.245* (0.027)
NA1	-0.035 (0.391)	-0.008 (0.475)	-0.216* (0.044)	0.415* (<0.001)
VA1	0.079 (0.268)	0.095 (0.229)	0.175 (0.085)	-0.103 (0.210)

Anmerkungen. N=63. Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 143 zeigt die Korrelationsanalyse zwischen der ersten Messung und dem FAM. Im Gegensatz zur Motivationsstudie 1 konnten für das Interesse sowie die Herausforderung und die Faktoren der PANAVA-KS keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden. Die Befunde der Motivationsstudie 1 konnten somit für die beiden für das selbstregulierte Lernen bedeutsamen FAM-Faktoren nicht bestätigt werden. Unerwartet war dies insbesondere für den Zusammenhang zwischen Interesse und positiver Aktivierung ($r=0.151$, $p=0.119$), der bei der ersten Untersuchung noch den höchsten Korrelationswert erzielt hatte. Für die Erfolgswahrscheinlichkeit konnte ein signifikanter moderater positiver Zusammenhang mit der positiven Aktivierung ($r=0.254$, $p=0.022$) und ein signifikanter moderater negativer Zusammenhang mit der negativen Aktivierung ($r=-0.216$, $p=0.044$) nachgewiesen werden. Für die Misserfolgsbefürchtung zeigten sich entsprechend invertierte Befunde für positive Aktivierung ($r=-0.245$, $p=0.027$) und negative Aktivierung ($r=0.415$, $p<0.001$). Auffällig war darüber hinaus, dass der Faktor Valenz der PANAVA-KS im Gegensatz zur Motivationsstudie 1 mit keinem der vier FAM-Faktoren einen signifikanten Zusammenhang aufwies.

Tabelle 144: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der ersten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	0.119 (0.554)	0.200	0.084
Herausforderung	-0.174 (0.389)	0.200	-0.109
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.170 (0.312)	0.166	-0.151
Misserfolgsbefürchtung	0.390* (0.003)	0.126	0.390
R^2	0.192		
korr. R^2	0.137		
F(4,58)	3.454 (0.013)		

Anmerkungen. N=63. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Weiterführende multiple lineare Regressionsanalysen zeigten lediglich für die negative Aktivierung einen signifikanten Einfluss der aktuellen Motivation (siehe Tabelle 144), $F(4,58)=3.454$, $p=0.013$. Das Modell wies eine moderate Varianzaufklärung in Form eines korrigierten $R^2=0.137$ auf. Als signifikanter Prädiktor konnte nur der Faktor Misserfolgsbefürchtung identifiziert werden ($p=0.003$). Eine höhere Selbsteinschätzung dieses Faktors würde mit einer um 0.390 höheren Bewertung der negativen Aktivierung einhergehen. Die aktuelle Motivation stellte im Kontext der Motivationsstudie 2 nur noch in sehr geringem Maß eine signifikante Einflussgröße des emotionalen Befindens dar. Lediglich die leistungsthematischen Aspekte der aktuellen Motivation zeigten signifikante Zusammenhänge mit den Aktivierungsfaktoren der PANAVA-KS. Die Valenz erwies sich zum ersten Messzeitpunkt als gänzlich unbeeinflusst von der aktuellen Motivation. Ein möglicher Erklärungsansatz könnte die geänderte Platzierung der ersten Messung nach der Orientierung, anstatt vor dem Lernen mit NanoTecLearn, sein.

Die Hypothese wurde somit eher abgelehnt. Die Messzeitpunkte zwei bis vier waren inhaltlich an den identischen Stellen zur Motivationsstudie 1 platziert, sodass deren Auswertung einen direkteren Vergleich beider Studien ermöglichen sollte.

H8: Je höher die aktuelle Motivation, desto positiver ist das emotionale Befinden während der E-Learning Session.

Der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen aktueller Motivation und den drei weiteren PANAVA-KS Messzeitpunkten wurde deren Häufigkeitsanalyse (siehe Tabelle 145) vorangestellt. Es konnte eine moderat ausgeprägte positive Aktivierung und Valenz sowie eine eher geringe Ausprägung der negativen Aktivierung nachgewiesen werden. Analog zum ersten Messzeitpunkt zeigten sich geringere Werte der positiven Aktivierung und der Valenz über alle drei Messzeitpunkte im Vergleich zur Motivationsstudie 1 sowie eine höhere negative Aktivierung. Merkliche Veränderungen des emotionalen Befindens waren über die vier Messzeitpunkte analog zur Motivationsstudie 1 nicht feststellbar. Signifikante Unterschiede zwischen den vier Messzeitpunkten wurden wieder im Rahmen der Hypothese 10 mithilfe von Varianzanalysen untersucht.

Tabelle 145: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und Maxima der PANAVA-KS Messzeitpunkte zwei bis vier

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Min/Max
Positive Aktivierung 2 (4)	4.23	0.93	2.00/6.00
Negative Aktivierung 2 (4)	2.81	1.01	1.00/5.75
Valenz 2 (2)	4.90	1.01	2.50/6.50
Positive Aktivierung 3 (4)	4.24	0.97	2.00/6.00
Negative Aktivierung 3 (4)	2.75	1.01	1.00/5.00
Valenz 3 (2)	4.99	1.13	1.50/6.50
Positive Aktivierung 4 (4)	4.37	0.89	2.75/6.00
Negative Aktivierung 4 (4)	2.64	1.01	1.00/5.00
Valenz 4 (2)	5.27	0.96	3.00/7.00

Anmerkungen. N=44 (PANAVA2); N=51 (PANAVA3); N=49 (PANAVA4). Interne Konsistenzen des PANAVA Fragebogens werden in Tabelle 142 dargestellt

Tabelle 146 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse für die PANAVA-KS Messzeitpunkte zwei bis vier und die FAM-Faktoren. Analog zu den Befunden der ersten Messung konnten für die Faktoren Interesse und Herausforderung keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden, was ebenfalls deutlich im Gegensatz zu den Ergebnissen der Motivationsstudie 1 stand. Signifikante Zusammenhänge konnten lediglich für die leistungsthematischen Aspekte des FAM nachgewiesen werden. Die Erfolgswahrscheinlichkeit korrelierte signifikant positiv mit der positiven Aktivierung der zweiten ($r=0.345$, $p=0.011$) und dritten Messung ($r=0.339$, $p=0.007$) sowie der Valenz der dritten Messung ($r=0.237$, $p=0.047$). Dies war zudem der einzige Zeitpunkt, an dem die Valenz einen signifikanten Zusammenhang mit einem FAM-Faktor aufwies. Dieser Faktor des PANAVA-KS blieb ansonsten gänzlich ohne signifikanten Zusammenhang zur aktuellen Motivation. Die

Misserfolgsbefürchtung korrelierte signifikant positiv mit der negativen Aktivierung der dritten ($r=0.327$, $p=0.010$) und vierten Messung ($r=9.376$, $p=0.004$).

Tabelle 146: Zusammenhänge zwischen aktueller Motivation und den drei Messzeitpunkten des emotionalen Befindens während der E-Learning Session

	Interesse	Herausforderung	Erfolgswahrscheinlichkeit	Misserfolgsbefürchtung
PA2	0.180 (0.121)	-0.013 (0.466)	0.345* (0.011)	-0.214 (0.084)
NA2	-0.052 (0.368)	0.077 (0.309)	-0.083 (0.295)	0.173 (0.131)
VA2	0.162 (0.146)	-0.037 (0.407)	0.225 (0.071)	-0.139 (0.184)
PA3	0.105 (0.233)	-0.013 (0.463)	0.339* (0.007)	-0.192 (0.089)
NA3	0.069 (0.316)	0.135 (0.173)	-0.168 (0.119)	0.327* (0.010)
VA3	-0.010 (0.471)	-0.054 (0.353)	0.237* (0.047)	-0.061 (0.335)
PA4	0.012 (0.469)	-0.032 (0.414)	0.237 (0.051)	-0.040 (0.392)
NA4	0.149 (0.154)	0.055 (0.354)	-0.167 (0.126)	0.376* (0.004)
VA4	0.106 (0.233)	0.081 (0.291)	0.182 (0.105)	-0.148 (0.165)

Anmerkungen. N=44 (PANAVA2), N=51 (PANAVA3), N=49 (PANAVA4). Korrelationen unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Tabelle 147: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der positiven Aktivierung der dritten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	-0.109 (0.590)	0.201	-0.093
Herausforderung	0.111 (0.566)	0.191	0.087
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.348* (0.040)	0.165	0.371
Misserfolgsbefürchtung	-0.078 (0.535)	0.124	-0.092
R^2	0.133		
korr. R^2	0.057		
F(4,46)	1.761 (0.153)		

Anmerkungen. N=51. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus $p<0.05$ werden mit * gekennzeichnet

Weiterführende multiple lineare Regressionsanalysen konnten lediglich zwei signifikante Einflüsse der aktuellen Motivation auf Faktoren der PANAVA-KS nachweisen. Ein signifikanter Einfluss konnte durch den Faktor Erfolgswahrscheinlichkeit ($p=0.040$) auf die positive Aktivierung der dritten Messung nachgewiesen werden (siehe Tabelle 147). Eine höhere Selbsteinschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit würde in einer um 0.348 höheren Bewertung der positiven Aktivierung resultieren. Das Gesamtmodell zeigte eine lediglich geringe Varianzaufklärung (korrigiertes $R^2=0.057$) und lieferte keine signifikanten Ergebnisse, $F(4,46)=1.761$, $p=0.153$. Tabelle 148 zeigt, dass signifikante Ergebnisse im Modell zur Vorhersage der negativen Aktivierung der vierten Messung nachgewiesen werden konnten, $F(4,44)=2.781$, $p=0.038$. Es zeigte sich eine moderate Varianzaufklärung in Form eines korrigierten $R^2=0.129$. Der Faktor Misserfolgsbefürchtung konnte als einziger signifikanter Prädiktor der negativen Aktivierung ($p=0.020$) in Form einer um 0.293 steigenden Selbsteinschätzung identifiziert werden.

Tabelle 148: Multiple lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der negativen Aktivierung der vierten Messung durch die aktuelle Motivation

Prädiktoren	B	SE	β
Interesse	0.350 (0.090)	0.202	0.277
Herausforderung	-0.173 (0.396)	0.201	-0.127
Erfolgswahrscheinlichkeit	-0.209 (0.198)	0.160	-0.218
Misserfolgsbefürchtung	0.293* (0.020)	0.121	0.349
R ²	0.202		
korr. R ²	0.129		
F(4,44)	2.781 (0.038)		

Anmerkungen. N=49. Koeffizienten unterhalb des Signifikanzniveaus p<0.05 werden mit * gekennzeichnet

Die sich bereits in Hypothese 7 abzeichnende geänderte Befundlage im Vergleich zur Motivationsstudie 1 konnte auch für die weiteren drei Messzeitpunkte des emotionalen Befindens bestätigt werden. Die FAM-Faktoren Interesse und Herausforderung waren im Kontext der Motivationsstudie 2 für die Faktoren des PANAVA-KS kein signifikanter Einflussfaktor mehr. Im Gegensatz dazu erwies sich die Erfolgswahrscheinlichkeit, die in der Motivationsstudie 1 keinen Einflussfaktor des emotionalen Befindens darstellte, zumindest teilweise als signifikanter Prädiktor. Bestätigt werden konnten für beide Studien lediglich der erwartungskonforme signifikante Einfluss der Misserfolgsbefürchtung auf die negative Aktivierung. Auffällig war zudem, dass nur die Aktivierungsdimensionen von der aktuellen Motivation beeinflusst wurden und die Valenz fast keine signifikanten Zusammenhänge aufwies. Die Befunde der Motivationsstudie 1 konnten somit, abgesehen von Misserfolgsbefürchtung und negativer Aktivierung sowie der relativ konstanten PANAVA-KS Einschätzungen über alle vier Messzeitpunkte, nicht repliziert werden. Ein Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und emotionalem Befinden war bei der Stichprobe der Motivationsstudie 2 nur noch sehr bedingt gegeben. Für die im Studienkontext relevanten FAM-Faktoren des selbstregulierten Lernens mussten die Hypothesen 7 und 8 abgelehnt werden.

H9: Je höher die aktuelle Motivation, vermittelt durch das emotionale Befinden während der E-Learning Session, desto besser sind die Lernresultate.

Die Analyse zur Untersuchung der Modellannahme des Prozessmodells (Rheinberg et al. 2000, S. 504–506) erfolgte analog zur Motivationsstudie 1 wieder mithilfe des in Abbildung 39 in Abschnitt 5.1.3 dargestellten Mediationsmodells. Die Auswertung erfolgte unter Verwendung des PROCESS-Makros von SPSS von Hayes und dem zugehörigen Modell 6 mit drei Mediatoren (Hayes 2013, S. 10).

Als Vorarbeit zur Mediationsanalyse wurden die Ergebnisse des Abschlusstests ausgewertet. Die durchschnittlichen Ergebnisse fielen im Vergleich zur Motivationsstudie 1 deutlich schlechter aus ($M=1.64$, $SD=1.13$). Eine mögliche Erklärung war die gestiegene Komplexität der Aufgabenstellungen durch die Integration der beiden Fragen zur Ordnung der Prozesse, die lediglich bei korrekter Zuordnung mit einem Punkt bewertet wurden sowie der deutlich größere Anteil an Studierenden aus

fachfremden Studiengängen. Insgesamt erzielten 29 Studierende und somit 45,3% des Samples lediglich die Note 5. 32 Probanden und somit die Hälfte der Stichprobe erzielte die Note 4. Die Note 1 wurde nicht erreicht und die Note 2 lediglich von einem Probanden. Zwei Studierende schnitten mit der Note 3 im Abschlusstest ab. Die schlechten Ergebnisse standen im Kontrast zum moderat ausgeprägten Vorwissen. Zusammenhänge zwischen dem Vorwissenstest sowie der Selbstwirksamkeitserwartung und den Ergebnissen des Abschlusstests konnten dementsprechend nicht nachgewiesen werden. Eine Vorhersage des Abschneidens im Abschlusstest über die Ergebnisse des Vorwissenstests war somit in beiden Motivationsstudien nicht möglich.

Im Gegensatz zur Motivationsstudie 1 konnte für keine der Kombinationen der Faktoren des FAM und der PANAVA-KS in Zusammenhang mit den Ergebnissen des Abschlusstests ein signifikanter Pfad über aktuelle Motivation, emotionales Befinden und Lernresultate nachgewiesen werden. Auf eine Darstellung der Mediationsanalysen in diesem Abschnitt wurde daher verzichtet. Die Modelle finden sich in Anhang A6.2 (siehe Abbildungen 83 bis 94). Repliziert werden konnte der fehlende signifikante direkte Einfluss der aktuellen Motivation auf die Punktzahl des Abschlusstests. Im Gegensatz zur Motivationsstudie 1 waren die Pfade über die aktuelle Motivation und die Mediatoren jedoch nicht mehr signifikant. Die Modellannahme konnte bei der ersten Untersuchung z.B. für die Kombination aus Interesse und positiver Aktivierung optimal nachgewiesen werden (siehe Abschnitt 5.1.3). Die hauptsächlichen Unterschiede stellten bei der Motivationsstudie 2 die deutlich geänderte Befundlage zwischen aktueller Motivation und emotionalem Befinden sowie das merklich schlechtere Abschneiden im Abschlusstest dar.

Die Hypothese und zugehörige Forschungsfrage musste für die Motivationsstudie 2 abgelehnt werden, da für die Mediationsbeziehung keine signifikanten Ergebnisse über die aktuelle Motivation, das emotionale Befinden und die Lernresultate nachgewiesen werden konnten. Die relevanten Faktoren des selbstregulierten Lernens, Interesse und Herausforderung, waren bei der Anwendung des Mediationsmodells im Unterschied zur Motivationsstudie 1 keine relevanten Prädiktoren des Lernerfolgs. Die für das emotionale Befinden im Kontext der Motivationsstudie 2 teilweise signifikanten Prädiktoren Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung konnten ebenfalls keine Bestätigung der Modellannahme liefern. Bestätigt werden konnte lediglich die Annahme, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Lernresultaten gab.

H10: Es zeigen sich signifikante Unterschiede im emotionalen Befinden in Abhängigkeit des aktuellen Abschnitts der E-Learning Plattform.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden analog zur Motivationsstudie 1 ANOVAs mit Messwiederholung (Bortz und Schuster 2010, S. 285–287) und anschließenden Post-Hoc-Tests durchgeführt (Janssen und Laatz 2017, S. 353–356; Lakens 2013). Für die erste ANOVA mit

Messwiederholung lag keine Sphärizität vor ($\text{Mauchly-W}(5)=0.627$, $p=0.009$), daher wurde eine Greenhouse-Geisser Korrektur vorgenommen, die signifikante Unterschiede für die vier Messungen der positiven Aktivierung aufzeigte, $F(3,78.974)=5.139$, $p=0.006$, $\eta^2=0.131$. Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche zeigten, dass sich die positive Aktivierung zwischen erstem und zweitem Messzeitpunkt ($p=0.025$, 95%-KI[0.035, 0.737]) sowie zwischen erstem und drittem Messzeitpunkt ($p=0.002$, 95%-KI[0.125, 0.732]) signifikant unterschied. Es kam somit zu einem signifikanten Absinken der positiven Aktivierung nach Abschluss des Theorieteils sowie nach Bearbeitung der interaktiven Proben im Vergleich zur ersten Messung nach der Orientierung.

Für die negative Aktivierung konnte die ANOVA mit Messwiederholung keine signifikanten Ergebnisse aufzeigen (Sphärizität nicht vorliegend, $\text{Mauchly-W}(5)=0.669$, $p=0.022$). Die verwendete Greenhouse-Geisser Korrektur ergab $F(3,85.289)=1.422$, $p=0.245$, $\eta^2=0.040$. Die Zustände der negativen Aktivierung, z.B. Nervosität oder Entspannung, änderten sich somit analog zur Motivationsstudie 1 über die vier Messzeitpunkte nicht signifikant. Für die Valenz (Sphärizität angenommen, $\text{Mauchly-W}(5)=0.853$, $p=0.393$) konnten im Gegensatz zu den Befunden der Motivationsstudie 1 signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten identifiziert werden, $F(3,102)=2.726$, $p=0.048$, $\eta^2=0.084$. Angeschlossene Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten nachweisen.

Die Hypothese musste somit differenziert betrachtet werden, da für die positive Aktivierung signifikante Unterschiede zwischen drei Messzeitpunkten der PANAVA-KS identifiziert werden konnten. Die negative Aktivierung blieb in Übereinstimmung der Befunde der Motivationsstudie 1 über die gesamte Erhebung hinweg relativ konstant. Für die Valenz zeigten sich signifikante Unterschiede, die jedoch mithilfe paarweiser Vergleiche nicht für konkrete Messzeitpunkte identifiziert werden konnten. Die Hypothese konnte somit teilweise bestätigt werden, wobei die Befunde nicht nahelegten, dass die interaktiven Elemente sowie die Link Annotation das emotionale Befinden generell signifikant steigern konnten.

Zusätzlicher Auswertungsbestandteil: Vergleich der Befunde der Motivationsstudien

Der Vergleich der Befunde der beiden Motivationsstudien diente der Beantwortung der übergeordneten Hypothesen und Forschungsfragen der Arbeit (siehe Tabelle 1 in Abschnitt 4.2) und wurde mithilfe von T-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt (Döring und Bortz 2016, S. 728). Die Datenauswertung erfolgte separat für die Bestandteile des operationalisierten Prozessmodells der Lernmotivation (siehe Abschnitt 5.1.1). In einem ersten Schritt wurden die untersuchten Personenfaktoren Vorwissen und Selbstwirksamkeitswertung verglichen. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Auf die Darstellung der Ergebnisse wurde daher verzichtet.

Vergleich des Situationsfaktors Instruktionsdesign

Auf Seiten der Situationsfaktoren wurden mögliche Differenzen in der Bewertung des Instruktionsdesigns untersucht. Für die Attention konnten keine signifikanten Unterschiede identifiziert werden, $t(133)=1.892$, $p=0.061$. Die Bewertung der Relevance der Motivationsstudie 1 ($M=3.65$, $SD=0.54$) war im Unterschied zur zweiten Erhebung signifikant höher ($M=3.39$, $SD=0.51$), $t(133)=2.809$, $p=0.006$. Die Inhalte der Lernplattform wurden somit von der Stichprobe der ersten Untersuchung als relevanter empfunden, was in Übereinstimmung mit der fachlich größeren Passfähigkeit dieses Samples stand. Die Befunde dieses Faktors mussten jedoch aufgrund der unzureichenden internen Konsistenz kritisch betrachtet werden. Die vermittelte Confidence wurde in der Motivationsstudie 1 ($M=3.84$, $SD=0.61$) signifikant höher eingeschätzt als in der Motivationsstudie 2 ($M=3.32$, $SD=0.67$), $t(133)=4.631$, $p<0.001$. Dies galt ebenfalls für die Einschätzung der Satisfaction in der Stichprobe der Motivationsstudie 1 ($M=3.63$, $SD=0.66$) im Vergleich zur Motivationsstudie 2 ($M=3.11$, $SD=0.57$), $t(133)=4.900$, $p<0.001$. Das Instruktionsdesign wurde somit, bis auf den Faktor Attention, im Rahmen der ersten Untersuchung signifikant besser bewertet. Es konnte jedoch nicht abschließend geklärt werden, ob die signifikanten Unterschiede in der Bewertung neben den beiden Plattformversionen auch durch die bessere fachliche Passung sowie die teils höhere aktuelle Motivation der ersten Stichprobe beeinflusst wurden.

Vergleich der aktuellen Motivation

Im nächsten Schritt wurden etwaige Unterschiede in den Mittelwerten der Faktoren der aktuellen Motivation untersucht. Der Wert des Interesses der Motivationsstudie 1 ($M=4.75$, $SD=0.90$) war signifikant höher als der Interessenwert der Motivationsstudie 2 ($M=4.38$, $SD=0.82$), $t(133)=2.504$, $p=0.013$. Die durch die Lerntätigkeit vermittelte Herausforderung wurde in der Motivationsstudie 1 ($M=4.97$, $SD=0.74$) signifikant geringer eingeschätzt als in der Motivationsstudie 2 ($M=5.32$, $SD=0.72$), $t(133)=-2.733$, $p=0.006$. Es zeigten sich somit signifikante Unterschiede zwischen beiden Untersuchungen für die FAM-Faktoren, die für das selbstgesteuerte Lernen entscheidend waren. Als mögliche Gründe könnten die höhere Anzahl an Studierenden fachfremder Studiengänge und somit ein geringeres Interesse am Thema der Lernplattform herangezogen werden. Hinsichtlich der beiden leistungsthematischen Faktoren konnte für die Misserfolgsbefürchtung kein signifikanter Unterschied identifiziert werden, $t(133)=-1.830$, $p=.069$. Für die Erfolgswahrscheinlichkeit zeigte sich ein signifikant besserer Mittelwert der Motivationsstudie 1 ($M=5.39$, $SD=0.84$) im Vergleich zur Motivationsstudie 2 ($M=4.58$, $SD=1.02$), $t(133)=5.061$, $p<0.001$. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Probanden der Motivationsstudie 1 eine teils signifikant höhere Ausgangsmotivation aufwiesen. In der zweiten Erhebung wurde die Aufgabenstellung zudem als herausfordernder bewertet.

Vergleich der Vermittlungsgröße emotionales Befinden

Zum Vergleich des emotionalen Befindens während der vier Messzeitpunkte wurde jeweils der Gesamtwert der PANAVA-KS herangezogen. Für die erste Messung konnten keine signifikanten Unterschiede im emotionalen Befinden identifiziert werden, $t(132)=-1.703$, $p=0.091$. Der geringfügig höhere Ausgangswert der Motivationsstudie 2 ($M=4.11$, $SD=0.41$) unterschied sich somit nicht signifikant von der ersten Untersuchung ($M=3.98$, $SD=0.45$). Für den zweiten Messzeitpunkt nach der Theorie konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung des emotionalen Befindens nachgewiesen werden, $t(113)=-0.419$, $p=0.676$. Dies galt auch für die interaktiven Elemente im Rahmen der dritten Messung ($t(120)=0.161$, $p=0.872$) und der vierten Messung ($t(118)=-0.381$, $p=0.704$). Insgesamt konnten somit keine Unterschiede im emotionalen Befinden zwischen beiden Motivationsstudien festgestellt werden, das heißt das finale AEHS stellte keine signifikante Verbesserung oder Verschlechterung des Befindens während des Lernens mit NanoTecLearn dar. Darüber hinaus blieb, wie in der Hypothese 10 beider Motivationsstudien nachgewiesen, das emotionale Befinden während der Bearbeitung relativ konstant. Ob signifikante Unterschiede mithilfe der beiden Motivationsindikatoren der Lernplattform festgestellt werden konnten, wird im nachfolgenden Abschnitt beschrieben.

Vergleich des Motivationsverlaufs der fünf Plattformversionen mithilfe der Logfiles

Der Verlauf der Selbsteinschätzungen der beiden Motivationsindikatoren Interesse und Erfolgzuversicht sollte für alle fünf weiterentwickelten Plattformversionen untersucht werden. Im Rahmen der Motivationsstudie 2 wurden daher für das finale AEHS ebenfalls Logfiles erfasst und anschließend ausgewertet. Die in Abschnitt 6.2.3 beschriebene Skala zur Auswertung der Indikatoren wurde übernommen und der in Anhang A5.4 enthaltene Leitfaden zur Durchführung der Logfile-Analyse wurde wieder als Grundlage der Auswertung herangezogen. Die Daten der Stichprobe wurden somit zunächst entsprechend der im Leitfaden festgelegten Kriterien bereinigt und zur weiterführenden Analyse aufbereitet. Es ergaben sich letztendlich 61 gültige Fälle, die für die Auswertung mit Microsoft Excel verwendet wurden. Insgesamt wurden 284 Motivationseinschätzungen abgegeben. Tabelle 149 zeigt die Durchschnittsbewertungen der Motivationseinschätzung pro Abschnitt des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ mit der ID 34 sowie die durchschnittlichen Verweildauern in Minuten und Sekunden. Die durchschnittliche Gesamtbearbeitungsdauer war mit 27:59 Minuten deutlich länger als bei den vier Versionen der Vergleichsstudie, insbesondere die Abschnitte Theorie und Anwendung wurden deutlich länger bearbeitet. Dies könnte neben der Ankündigung der Wissensabfrage im Anschluss an die Lernsession jedoch auch auf die Integration der Lernvideos zurückzuführen sein, deren Wiedergabe jeweils ca. 3-5 Minuten Zeit in Anspruch nahm.

Tabelle 149: Vergleich der durchschnittlichen Motivationseinschätzungen und Verweildauern der finalen Plattformversion im Kapitel Wechselwirkungen an Grenzflächen

Version	Finale Plattformversion
Durchschnitt Motivationseinschätzung pro Abschnitt	34,1 – 3.59 34,2 – 3.47 34,3 – 2.71 34,5 – 3.26 34,5 – 3.46 34,6 – 2.00
Durchschnitt Verweildauer pro Abschnitt	34,1 – 02:04 34,2 – 08:51 34,3 – 07:29 34,4 – 03:21 34,5 – 04:55 34,6 – 01:19

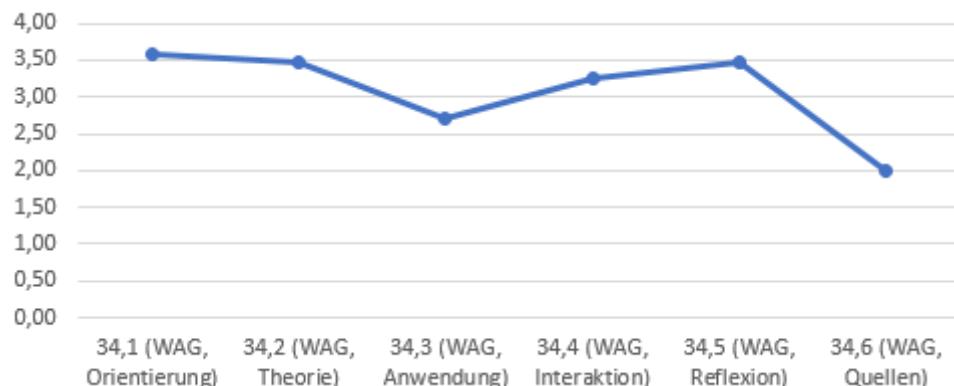


Abbildung 67: Motivationsverlauf der finalen Plattformversion für beide Motivationsindikatoren

Der Motivationsverlauf wurde für beide Indikatoren kombiniert analog zur Vergleichsstudie grafisch dargestellt (siehe Abbildung 67). Der grundlegende Verlauf der vier Plattformversionen der Vergleichsstudie in Form des Absinkens der Motivation in den textlastigen Abschnitten Theorie und Anwendung war auch bei der finalen Version erkennbar, wenn auch in deutlich geringerem Ausmaß. Auffällig war zudem die bessere Bewertung des Abschnitts Reflexion im Vergleich zur Interaktion. Die Integration der interaktiven Quiz schien demnach zu einem Anstieg der Motivation zu führen. Ein Novum zu den vier vorab ausgewerteten Plattformversionen war die höhere Durchschnittsbewertung ($M=3.47$) des Theorieabschnitts im Vergleich zu den nachfolgenden Abschnitten, insbesondere gegenüber der Interaktion ($M=3.26$). Die Integration der Lernvideos wirkte folglich dem deutlichen Absinken der Motivation entgegen. Insgesamt fiel jedoch auf, dass die durchschnittlichen Bewertungen der Motivationsindikatoren der einzelnen Abschnitte des Booklets geringer ausfielen als bei den Plattformversionen der Vergleichsstudie. Da im Rahmen der Motivationsstudie 2 ein anderes Booklet bearbeitet wurde, konnte jedoch nicht final geklärt werden, in welchem Maß die schlechtere

Durchschnittsbewertung auf die adaptive Plattformversion oder den Inhalt des Kapitels zurückzuführen war. Insgesamt wurde 217 Vorschlägen gefolgt, das heißt ca. 79% der Vorschläge wurden als motivational wirksam aufgefasst, was eine Steigerung im Vergleich zu den ca. 65% der Link Annotation-Version der Vergleichsstudie darstellte. Die optimierte Visualisierung der Annotation konnte die Systemvorschläge dem Benutzer folglich besser kenntlich machen .

Vergleich der Selbsteinschätzung der Motivationsindikatoren

Der bereits in Abschnitt 6.2.3 begonnene Mittelwertvergleich der Motivationsbewertungen für beide Indikatoren, jeweils pro Abschnitt, wurde mithilfe von ANOVAs und anschließenden Post-Hoc-Tests (Janssen und Laatz 2017, S. 350–356) um die Logfiles der finalen Plattformversion ergänzt. Für die Erfolgzuversicht konnte im Abschnitt Orientierung keine Änderung der Befunde identifiziert werden und die Bewertung dieses Indikators unterschied sich auch für das finale AEHS nicht signifikant von den anderen vier Plattformvarianten. Für die Abschnitte Theorie und Anwendung galt diese unveränderte Befundlage ebenfalls. Für den Abschnitt Interaktion konnten signifikante Unterschiede der Bewertung dieses Indikators identifiziert werden, $F(4,154)=4.341$, $p=0.002$. Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche zeigten weiterführend, dass signifikante Unterschiede in der Bewertung der Erfolgzuversicht im Abschnitt Interaktion zwischen der Kontrollgruppenversion und der finalen Plattformversion ($p=0.011$, 95%-KI[0.07, 0.92]) sowie zwischen der Direct Guidance Version und der finalen Version bestanden ($p=0.007$, 95%-KI[0.09, 0.93]). Die durchschnittliche Bewertung der Erfolgzuversicht der finalen adaptiven NanoTecLearn Plattform war im Abschnitt Interaktion demnach signifikant schlechter als bei den beiden genannten Versionen der Vergleichsstudie. Da beide Untersuchungen auf unterschiedlichen Booklets beruhten, könnte dies jedoch auf die verschiedenen verlinkten interaktiven Elemente zurückzuführen sein. Im Test-Booklet der Vergleichsstudie bestand die Interaktion aus dem 3D-Modell des Kontaktwinkelmessgeräts und im Test-Booklet der Motivationsstudie 2 lediglich aus einer interaktiven Formel. Für die Reflexion konnten keine signifikanten Unterschiede identifiziert werden. Darüber hinaus war die durchschnittliche Bewertung dieses Abschnitts trotz der Integration der interaktiven Quiz in der Stichprobe der Motivationsstudie 2 schlechter im Vergleich zu den vorab getesteten vier Varianten.

Für den Indikator Interesse konnten im Abschnitt Orientierung signifikante Unterschiede identifiziert werden, $F(4,177)=3.877$, $p=0.005$. Das Interesse nach Beendigung dieses Abschnitts war beim finalen AEHS geringer ausgeprägt als bei den Plattformversionen der Vergleichsstudie. Ein signifikanter Unterschied konnte im Vergleich zur Direct Guidance Version nachgewiesen werden ($p<0.001$, 95%-KI[0.23, 0.75]). Ein geringeres Interesse der Stichprobe des finalen AEHS konnte zudem bereits beim Mittelwertvergleich der FAM-Ergebnisse der beiden Motivationsstudien gezeigt werden. Für die Abschnitte Theorie, Anwendung und Reflexion konnten im Rahmen der Vergleichsstudie signifikante Unterschiede im Interesse zwischen einzelnen Versionen nachgewiesen werden. Die finale

Plattformversion wies für diese Abschnitte jedoch keine signifikanten Unterschiede auf. Der Abschnitt Interaktion zeigte analog zur Bewertung der Erfolgzuversicht auch für das Interesse signifikante Unterschiede ($F(4,154)=3.043$, $p=0.019$), wobei der Wert der Direct Guidance Version im Vergleich zum finalen AEHS signifikant höher war ($p=0.003$, 95%-KI[0.12, 0.77]). Das interaktive Element des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ wurde somit für beide Motivationsindikatoren signifikant schlechter bewertet als das 3D-Modell des Booklets „Kontaktwinkelmessgerät“. Das finale AEHS stellte letztendlich im Vergleich zu den vier Varianten der Vergleichsstudie keine signifikante Verbesserung des Motivationsverlaufs dar. Ferner zeigten sich geringere Durchschnittsbewertungen und teilweise signifikant schlechtere Bewertungen, insbesondere in den Abschnitten Interaktion und Orientierung.

Auswertung der offenen Fragestellungen

Die offenen Fragen am Ende des Online-Fragebogens waren identisch zur Vergleichsstudie und sollten die Passfähigkeit der Adaptationen sowie mögliche wahrgenommene Probleme identifizieren. Die zugehörigen Tabellen 217 und 218 finden sich in Anhang A6.3.

Frage 1: Waren Ihre Anpassungen und Vorschläge beim Lernen mit der NanoTecLearn Plattform für Sie inhaltlich passend?

Hinsichtlich der ersten Fragestellung bezeichneten zahlreiche Probanden die Systemanpassungen generell als passend und hilfreich hinsichtlich der Verständlichkeit und Strukturierung der Lernplattform. Einige Studierende nannten zudem das Wiederholen von Grundlagen und Fachbegriffen und somit das Vertiefen der Inhalte durch die Link Annotation explizit motivierend. Mehrere Probanden bezeichneten die zusätzlich integrierten Lernvideos als wichtige Abwechslung in den Abschnitten Theorie und Anwendung sowie als Möglichkeit, Grundlagen an geeigneter Stelle nochmals zu wiederholen. Diese Auffassung spiegelte sich auch im geringeren Absinken der Motivationsbewertung nach Abschluss dieser Abschnitte wider (siehe Abbildung 67, Logfile-Analyse). Vereinzelt wurden zudem die Inhalte der Reflexion als wichtige Unterstützung benannt. Zwei Studierende gaben an, keine Systemanpassungen bemerkt zu haben und weitere zwei Probanden bezeichneten die Adaptation als überflüssig, da sie ein eigenständiges Durcharbeiten und Auswählen der Inhalte bevorzugten.

Frage 2: Gab es Probleme und/oder Schwierigkeiten, die Ihnen bei der Bearbeitung des Kapitels „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ aufgefallen sind?

Hinsichtlich der zweiten Fragestellung gaben zahlreiche Probanden an, dass während der Bearbeitung keine Probleme auftraten. Der fehlende fachliche Hintergrund wurde als zentrales Verständnisproblem identifiziert, was insbesondere in den textlastigen Abschnitten zu einem Gefühl der Überforderung führte und das Verständnis von Fachbegriffen merklich erschwerte. Ein Problem im

Abschnitt Reflexion stellte das Beenden der interaktiven Quiz dar. Vereinzelt wurde berichtet, dass die Nutzerführung der interaktiven Elemente das Aufrechterhalten der Aufmerksamkeit erschwerte, dass die Videoinhalte teilweise zu lang waren und die gelesenen Textinhalte somit vergessen wurden und dass der Abschlusstest ohne Vorwissen nur mit der Lernplattform nicht lösbar war. Diese Aussage stand in Übereinstimmung mit dem durchschnittlich sehr schlechten Abschneiden im Wissenstest im Anschluss an das Lernen mit NanoTecLearn und den insgesamt großen Anteil fachfremder Studiengänge innerhalb der Stichprobe. Insgesamt wurden im Vergleich zu den vier vorab getesteten Systemvarianten somit weniger explizite Darstellungs- oder Interaktionsfehler berichtet. Die primäre Problemquelle waren eigene Verständnisprobleme aufgrund einer zu großen fachlichen Distanz.

Kritische Würdigung der Ergebnisse und Methode

Die bereits im Rahmen der Auswertung der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3) benannte Problematik der fehlenden Einbettung der Untersuchung in einen fachlich passenden Kontext oder eine konkrete Lehrveranstaltung lag auch für die Motivationsstudie 2 vor. Insbesondere das schlechte Abschneiden im Abschlusstest erschwerte das Identifizieren klarer Wirkbeziehungen und Einflüsse der aktuellen Motivation sowie des emotionalen Befindens. Der komfortableren Auswertung durch die direkte Integration des Abschlusstests in den Online-Fragebogen stand ein scheinbar höherer Schwierigkeitsgrad der Aufgaben, insbesondere der Zuordnungsaufgaben der Prozessschritte, gegenüber. Letztendlich hätte im Sinne der besseren Vergleichbarkeit der Studien der Abschlusstest einheitlich für beide Studien gehalten werden sollen und die Beschränkung der Studienteilnahme stärker anhand des Studienhintergrunds vorgenommen werden sollen. Da viele Probanden die Lernplattform bereits aus vorherigen Studienteilnahmen kannten, war der Neuartigkeitswert der Benutzeroberfläche insgesamt geringer ausgeprägt. Es konnte somit nicht abschließend abgeschätzt werden, ob die schlechtere Bewertung des finalen AEHS an der geringeren Akzeptanz der adaptiven Elemente lag oder an der im Vergleich zur Motivationsstudie 1 oder der Adaptationstechniken Vergleichsstudie bereits vertrauten Benutzeroberfläche.

Auf Seiten der Datenerhebung und -auswertung erwies sich der Wechsel des Instruments zur Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung von der NGSES zur ASKU als nicht zielführend und darüber hinaus unter Berücksichtigung der schlechteren internen Konsistenz des Instruments sogar als ungeeignet. Die größte Herausforderung und Problemquelle stellte die Abfrage der PANAVA-KS mithilfe der Pop-Up-Fenster dar, die insbesondere bei den Messzeitpunkten zwei bis vier zu teilweise massiven Datenausfällen führten. Trotz Pretest und Überprüfung der Browser-Einstellungen funktionierte das Einblenden der Fragebogen zum Abschluss des Theorieabschnitts und der interaktiven Elemente nicht durchgängig während des Erhebungszeitraums. Die hochindividualisierten Lernpfade der Benutzer, aufgrund der adaptiven Systemvorschläge, stellten für die inhaltsbasierte Messung eine enorme Herausforderung dar. Das Festhalten an den Messzeitpunkten der Motivationsstudie 1 verhinderte

zudem eine Einschätzung des Befindens im Anschluss an den stärker überarbeiteten Abschnitt Reflexion. Darüber hinaus wurde die Theorie nur als gemittelter Wert des emotionalen Befindens einmalig abgefragt und Motivationsschübe, die z.B. durch die Lernvideos ausgelöst wurden, konnten nur über die offenen Fragen am Ende der Studie erhoben werden. Die Methode der Selbsteinschätzung stieß im Kontext der Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung an ihre Grenzen.

Die Größe der Stichprobe stellte in Übereinstimmung mit den anderen Studien ebenfalls ein Problem dar, da für den Nachweis kleiner Effektgrößen (Döring und Bortz 2016, S. 820) zu wenig Probanden akquiriert wurden. Die geringere Teilnahmebereitschaft sowie die begrenzte Kapazität des Labors berücksichtigend, konnte das Akquirieren von 64 Studierenden für die Motivationsstudie 2 insgesamt jedoch als Erfolg gewertet werden. Eine Limitation der Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Ergebnisse stellte die größere fachliche Distanz dar. Hinsichtlich des Prozessmodells der Lernmotivation wurde die Fokussierung auf das Konstrukt emotionales Befinden bereits im Rahmen der Motivationsstudie 1 kritisch angemerkt. Als Alternative wäre ein Einbeziehen anderer Vermittlungsgrößen, wie Bearbeitungszeit oder Konzentration (Engeser 2005, S. 153–154) denkbar. Die Logfile-Analysen aller evaluierten Plattformversionen einbeziehend war zudem kritisch zu hinterfragen, ob eine merkliche Veränderung im Rahmen einer zeitlich derart begrenzten Lernsession als Basis für das Initiieren von Systemanpassungen gewählt werden sollte. Das emotionale Befinden, insbesondere die Valenz, war in beiden Motivationsstudien über die gesamte Bearbeitungszeit relativ konstant und die Motivationsindikatoren wurden entsprechend der Analysen und offenen Angaben scheinbar stärker von den verschiedenen Wissenszugängen oder den neu hinzugekommenen Lernvideos als von der adaptiven Navigationsunterstützung beeinflusst.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Nachfolgend werden die Erkenntnisse der Motivationsstudie 2 unter Berücksichtigung der Motivationsstudie 1 und der Vergleichsstudie zusammengefasst. Dies orientiert sich an den Forschungsfragen der Studie sowie den zusätzlichen Auswertungen:

F1: Welcher Zusammenhang besteht zwischen Personenfaktoren und aktueller Motivation?

- Domänen spezifisches Vorwissen war im Vergleich zur Stichprobe der Motivationsstudie 1 für das Zustandekommen einer aktuell wirksamen Motivation, insbesondere hinsichtlich der Herausforderung und Erfolgswahrscheinlichkeit eine signifikante Bedingungsgröße.
- Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung war im Gegensatz zur Stichprobe der Motivationsstudie 1 keine signifikante Bedingungsgröße der aktuellen Motivation und wurde zudem nicht vom Vorwissen beeinflusst.
- Übergeordnete Personenfaktoren des operationalisierten Prozessmodells beeinflussten die aktuelle Motivation der Stichprobe analog zur Motivationsstudie 1 lediglich in geringem Maß.

F2: Welcher Zusammenhang besteht zwischen Situationsfaktoren und aktueller Motivation?

- Instruktionsdesign beeinflusste die Aspekte Interesse und Erfolgswahrscheinlichkeit der aktuellen Motivation signifikant.
- Einbeziehen von Lernvideos und interaktiven Quiz war entsprechend der subjektiven Einschätzungen ein wichtiger zusätzlicher Motivator von Seiten der Lernplattform.
- Link Annotation war entsprechend der subjektiven Einschätzung und der Befunde der Logfile-Analyse kein entscheidender Mehrwert hinsichtlich der Motivation.

F3: Welcher Zusammenhang besteht zwischen Personen- und Situationsfaktoren?

- Vorwissen eignete sich in Übereinstimmung mit den Befunden der Motivationsstudie 1 kaum zur Vorhersage der Bewertung des Instruktionsdesigns, außer für den Faktor Confidence.
- Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung eignete sich in Übereinstimmung mit den Befunden der Motivationsstudie 1 nicht zur signifikanten Vorhersage der Bewertung des Instruktionsdesigns.
- Für beide Motivationsstudien konnten insgesamt nur geringe Zusammenhänge zwischen Personen- und Situationsfaktoren nachgewiesen werden.

F4: Welcher Zusammenhang besteht zwischen aktueller Motivation vor der E-Learning Session und Änderung des emotionalen Befindens während der E-Learning Session?

- Entgegen der Befunde der Motivationsstudie 1 war die aktuelle Motivation nur noch in geringem Maß, in Form vereinzelter Korrelationen mit leistungsthematischen Aspekten der aktuellen Motivation mit den Aktivierungsfaktoren des emotionalen Befindens, eine signifikante Einflussgröße für den Ausgangswert des emotionalen Befindens.
- Aktuelle Motivation war entgegen den Befunden der Motivationsstudie 1 für die drei weiteren Messzeitpunkte des emotionalen Befindens nur noch in geringem Maß eine signifikante Einflussgröße, insbesondere die Valenz blieb unbeeinflusst.

F5: Welcher Zusammenhang besteht zwischen aktueller Motivation und Lernresultaten?

- Signifikanter Gesamteffekt des Mediationsmodells und signifikanter direkter Effekt der aktuellen Motivation auf die Resultate des Abschlusstests konnte in Übereinstimmung der Befunde der Motivationsstudie 1 für keine Kombination der Faktoren nachgewiesen werden.
- Modellkonforme Wirkbeziehung der Mediation der aktuellen Motivation über das emotionale Befinden konnte entgegen der Befunde der Motivationsstudie 1 für keine Kombination der Faktoren nachgewiesen werden.

- Allgemein schlechte Resultate im Abschlusstest aufgrund der größeren fachlichen Distanz der Stichprobe der Motivationsstudie 2 verhinderten eine Replikation der Ergebnisse der Motivationsstudie 1.

F6: Wie verändert sich das emotionale Befinden während der E-Learning Session?

- Signifikantes Absinken der positiven Aktivierung zwischen den Messzeitpunkten Orientierung und Theorie zeigte, dass integrierte Lernvideos dem durch den langen Textabschnitt verursachten Motivationseinbruch nicht entgegenwirken konnten.
- Signifikante Unterschiede im emotionalen Befinden zwischen den Messzeitpunkten konnten in Übereinstimmung der Befunde der Motivationsstudie 1 nicht identifiziert werden.

Befunde zum Vergleich der Motivationsstudien und zur Logfile-Analyse

- Probanden der Motivationsstudie 1 wiesen eine signifikant höhere aktuelle Motivation auf als die Probanden der Motivationsstudie 2 und bewerteten das Instruktionsdesign insgesamt besser.
- Zwischen beiden Motivationsstudien konnten keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung des emotionalen Befindens identifiziert werden.
- Vorschläge auf Basis der Link Annotation wurden häufiger wahrgenommen und befolgt im Vergleich zur Link Annotation-Version der Adaptationstechniken Vergleichsstudie.
- Motivationsverlauf entsprechend der plattformseitigen Selbsteinschätzung der Indikatoren Interesse und Erfolgzuversicht war insgesamt konstanter als bei der Vergleichsstudie, jedoch mit geringeren durchschnittlichen Bewertungen pro Abschnitt.
- Signifikante Verbesserung der Motivationsbewertung durch das finale AEHS nicht erkennbar – für die Abschnitte Orientierung und Interaktion konnten sogar signifikant schlechtere Bewertungen im Vergleich zu Versionen der Adaptationstechniken Vergleichsstudie nachgewiesen werden.

7.3 Usability-Studie im Kontext der adaptiven E-Learning Plattformversion

Die abschließende Teilstudie der dritten Phase des Untersuchungsdesigns widmete sich der Einschätzung der Learning Experience des finalen AEHS. Dies diente als Vergleichswert gegenüber den vier Systemvarianten, die im Rahmen der Adaptationstechniken Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2) bereits hinsichtlich Kontrollempfinden, UX und Technologieakzeptanz evaluiert wurden. Die Untersuchung wird nachfolgend als Usability-Studie bezeichnet. Die Studie fand im Sommersemester 2019 im Zeitraum 12.06-14.06.2019 im Labor statt, das bereits für die übrigen Teilstudien genutzt wurde und umfasste ein Sample von 31 Studierenden. Die Stichprobengröße entsprach somit in etwa

den jeweils 33 Probanden der vier Versionen der Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2.3). Der selbstregulierte Lernansatz des Durcharbeitens eines vorgegebenen Kapitels der Lernplattform wurde beibehalten. Da neben den bereits in Abschnitt 6.2.1 vorgestellten Fragebögen zur Abfrage der drei Komponenten der Learning Experience keine weiteren Instrumente hinzukamen, wird nachfolgend auf einen Abschnitt zur Beschreibung der Operationalisierung verzichtet.

7.3.1 Ablauf der Untersuchung

Die Bestandteile der Studie sowie die drei typischen Phasen (vor, während und nach dem Lernen mit NanoTecLearn) glichen weitgehend dem in Abbildung 55 in Abschnitt 6.2.2 beschriebenen Ablauf der Vergleichsstudie. Das Untersuchungssetting mit zwei Bildschirmen, von denen der linke die Lernplattform und der rechte den Online-Fragebogen (siehe Anhang A7.1) darstellte, blieb auch im Kontext dieser Studie erhalten. Zu Beginn wurden wieder demografische Daten und das Vorwissen entsprechend der drei Items zur Selbsteinschätzung der Vergleichsstudie abgefragt, das heißt es wurde abgefragt, ob die Probanden bereits mit NanoTecLearn gearbeitet hatten und ob sie Vorwissen zum Thema Mikrotechnik sowie zum Thema des vorgegebenen Booklets hatten. Daraufhin folgte die Instruktion, die eine ca. 30-minütige Bearbeitungszeit als Vorgabe nannte. Eine nachfolgende Abfrage der aktuellen Motivation mittels FAM fand im Gegensatz zur Vergleichsstudie nicht statt, da der Fokus der Usability-Studie auf den drei Aspekten der Learning Experience liegen sollte. Als zu bearbeitendes Booklet wurde „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ der Motivationsstudie 2 gewählt, da für dieses Booklet die Neuerungen in Form der Lernvideos und interaktiven Quiz umgesetzt wurden und diese nochmals hinsichtlich der Learning Experience evaluiert werden sollten.

Nach Beendigung der Bearbeitung des Booklets erfolgte die Abfrage der drei Faktoren der Learning Experience, das heißt Technologieakzeptanz, UX und Kontrollempfinden wurden über die zugehörigen Fragebögen erhoben. Den Abschluss bildeten die beiden offenen Fragestellungen, die bereits in der Vergleichsstudie und der Motivationsstudie 2 Teil der Untersuchung waren. Da sich darüber keine weiterführenden Erkenntnisse gegenüber dem Sample der Motivationsstudie 2 ergaben, wurde auf die Darstellung der Ergebnisse verzichtet. Nach der Untersuchung erfolgte wieder das Ausfüllen des Bogens zur Vergabe des Probandenhonorars und die Verabschiedung durch den Testleiter.

7.3.2 Ergebnisse der Usability-Studie

Die Datenauswertung erfolgte mit SPSS 24. Zur grafischen Darstellung der UEQ-Daten mithilfe des zugehörigen Auswertungstools wurde Microsoft-Excel verwendet. Deren Darstellung findet sich in Anhang A7.2, ebenso die Häufigkeitsanalysen der Items der drei Fragebögen der Learning Experience.

Beschreibung der Stichprobe

Der Datensatz umfasste 31 Fragebögen. Die Stichprobe hatte verglichen mit den anderen Laborstudien das geringste Durchschnittsalter ($M=22.26$, $SD=1.54$), mit einer relativ homogenen Altersspanne von 20-25 Jahren. Dies konnte durch den angestrebten Abschluss größtenteils erklärt werden, da 24 von 31 Studierenden in Bachelorstudiengängen immatrikuliert waren. Hinsichtlich der Studiengänge dominierten die drei Medienstudiengänge der Technischen Universität Ilmenau, wobei mit 22 Studierenden die Mehrheit der Probanden Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaften studierte. In fachlich relevanten Studiengängen waren lediglich zwei Probanden immatrikuliert. Die Analyse der Fachsemester ($M=5.52$, $SD=2.54$) zeigte, dass sich die Mehrzahl an Studierenden im vierten oder sechsten Semester ihres Studiums befand. Die Usability-Studie war die einzige Teilstudie, mit einem höheren Anteil an weiblichen Probanden (61,3% gegenüber 38,7% männlichen Teilnehmern).

Insgesamt 12 Studierende und somit 38,7% des Samples gaben an, NanoTecLearn bereits zu kennen, was primär auf Teilnahmen an vorherigen Teilstudien zurückzuführen war. Das Vorwissen zum Thema Mikrotechnik wurde von einem Großteil des Samples als nicht vorhanden bis gering eingeschätzt (21 Studierende besaßen nach eigener Angabe gar kein Vorwissen und sieben Studierende lediglich ein geringes Vorwissen). Dies galt ebenso für die Einschätzung des Vorwissens hinsichtlich des zu bearbeitenden Themas des Booklets „Wechselwirkungen an Grenzflächen“. Analog zur Stichprobe der Vergleichsstudie war davon auszugehen, dass die Learning Experience kaum durch die vermittelten Inhalte der Plattform beeinflusst wurde.

Datenauswertung und Beantwortung der Hypothesen und Forschungsfragen

Die Beantwortung der Forschungsfragen und Hypothesen hinsichtlich des Vergleichs verschiedener Adaptationstechniken wurde größtenteils bereits im Kontext der Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2.3) vorgenommen. Zu klären war mithilfe der Usability-Studie lediglich die Hypothese 6 der zugehörigen Forschungsfrage (siehe Tabelle 3 in Abschnitt 4.2) und somit die Fragestellung, ob das finale AEHS eine bessere Learning Experience als die übrigen vier Systemvarianten aufweisen konnte. Als Voraarbeit wurden zunächst die Häufigkeiten der drei Fragebögen der Komponenten der Learning Experience analysiert (Janssen und Laatz 2017, S. 204–206; Cronbach 1951).

Tabelle 150 zeigt die Ergebnisse für das Kontrollempfinden. Die interne Konsistenz (Cronbachs $\alpha=0.78$) war akzeptabel und auf dem Niveau der Plattformversionen Direct Guidance und Agent der Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2.3). Die Kontrollierbarkeit ($M=3.63$, $SD=0.84$) und der Bedienkomfort ($M=4.02$, $SD=0.85$) waren entsprechend der Skalenmaxima von 1 bis 5 überdurchschnittlich ausgeprägt und wiesen ebenfalls vergleichbare Werte zur Direct Guidance-Version und Agentenversion auf. Hinsichtlich der Controllability wurde insbesondere der Aussage, dass

die Plattform und die Anpassungen leicht zu bedienen waren, zugestimmt. Beim Faktor Comfort of Use wurde das Vermeiden unnötiger Benutzereingaben positiv bewertet. Die Transparency wies analog zu den drei adaptiven Systemvarianten der Vergleichsstudie einen geringeren Mittelwert ($M=3.06$, $SD=0.96$) auf. Die Überarbeitung des Link Annotation-Mechanismus schien demnach nicht zu einer merklichen Verbesserung der Systemtransparenz geführt zu haben. Dies wurde zudem durch die offenen Angaben der Motivationsstudie 2 bestätigt, die nahelegten, dass viele Probanden nicht die Link Annotation-Technik als Adaptation wahrnahmen, sondern stattdessen die interaktiven Elemente und Lernvideos.

Tabelle 150: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren des Kontrollempfindens

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Controllability (2) ^a	3.63	0.84	0.78
Comfort of Use (2) ^b	4.02	0.85	
Transparency (2) ^c	3.06	0.96	

Anmerkungen. N=31. ^a Min=1.00, Max=5.00; ^b Min=1.50, Max=5.00; ^c Min=2.00, Max=5.00. Interne Konsistenz wird für das Kontrollempfinden als Gesamtwert gebildet

Tabelle 151 zeigt die Häufigkeitsanalyse der Dimensionen des UEQ. Die interne Konsistenz der drei Dimensionen war durchweg sehr gut und lag somit deutlich oberhalb der Werte der Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2.3). Die Werte waren entsprechend der Skalenmaxima von 1 bis 7 oberhalb des Skalenmittelpunkts, wobei insbesondere die pragmatische Qualität ($M=5.41$, $SD=0.93$) und darin der Faktor Steuerbarkeit ($M=5.48$, $SD=0.78$) überzeugte. Die hedonische Qualität ($M=4.86$, $SD=1.22$) sowie die dazugehörigen beiden Faktoren waren geringer ausgeprägt. Da die Plattform 12 von 31 Studierenden bereits bekannt war, könnte dies ein Indiz für die schlechter eingeschätzte Originalität ($M=4.75$, $SD=1.31$) im Vergleich zu den Versionen der Vergleichsstudie sein. Insgesamt konnte das finale AEHS eine gute UX erzielen, jedoch gegenüber den Versionen der Vergleichsstudie mit geringeren Mittelwerten. Insbesondere die konzeptuell ähnliche Link Annotation-Version der Vergleichsstudie erzielte für alle drei Dimensionen des UEQ bessere Werte, was als unerwarteter Befund aufgefasst wurde.

Tabelle 151: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der UEQ-Dimensionen

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Attraktivität (6) ^a	5.22	1.19	0.92
Pragmatische Qualität (12) ^b	5.41	0.93	0.92
Hedonische Qualität (8) ^c	4.86	1.22	0.93

Anmerkungen. N=31. ^a Min=2.50, Max=6.83; ^b Min=2.83, Max=7.00; ^c Min=1.63, Max=6.50

Tabelle 152 zeigt die Ergebnisse der Häufigkeitsanalyse für die Technologieakzeptanz. Die interne Konsistenz (Cronbachs $\alpha=0.85$) des Instruments war gut und auf fast identischem Niveau der Vergleichsstudie. Entsprechend der Skalenmaxima von 1 bis 5 wurden alle drei Faktoren überdurchschnittlich bewertet, wobei die wahrgenommene Bedienbarkeit den höchsten Mittelwert

erzielte ($M=3.79$, $SD=0.75$). Analog zu den Versionen der Vergleichsstudie wurde der wahrgenommene Nutzen ($M=3.55$, $SD=1.06$) schlechter bewertet als die anderen beiden Faktoren, was primär auf den fehlenden fachlichen Bezug der Inhalte von NanoTecLearn zu den Studiengängen der Stichprobe zurückzuführen war. Insgesamt wurde die Bedienbarkeit gegenüber der Vergleichsstudie geringfügig schlechter eingeschätzt, jedoch übertrafen die Nutzungsintention und der wahrgenommene Nutzen die Angaben der meisten Plattformversionen in Kapitel 6.

Tabelle 152: Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Faktoren der Technologieakzeptanz

Skala (Itemanzahl)	M	SD	Cronbachs α
Intention (2) ^a	3.73	1.20	0.85
Wahrgenommener Nutzen (2) ^b	3.55	1.06	
Wahrgenommene Bedienbarkeit (2) ^c	3.79	0.75	

Anmerkungen. N=31. ^a Min=1.00, Max=5.00; ^b Min=1.00, Max=5.00; ^c Min=1.75, Max=5.00. Interne Konsistenz wird für das Technologieakzeptanz als Gesamtwert gebildet

H6: Die finale adaptive Plattformversion weist eine bessere Learning Experience auf als alle anderen vier Plattformversionen.

Zur Identifikation möglicher signifikanter Unterschiede zwischen den fünf Plattformversionen wurden einfaktorielle Varianzanalysen mit anschließenden Post-Hoc-Tests (Janssen und Laatz 2017, S. 350–356) für alle drei Komponenten der Learning Experience durchgeführt.

Befunde der Technologieakzeptanz

Für den Faktor Intention der Technologieakzeptanz konnten keine signifikanten Unterschiede in der Benutzungsintention zwischen den fünf Plattformversionen festgestellt werden, $F(4,158)=1.059$, $p=0.379$. Da beide Samples ein ähnlich geringes Vorwissen aufwiesen, war davon auszugehen, dass auch das finale AEHS keine signifikante Verbesserung der Intention hervorrufen würde. Dies galt auch für den Faktor wahrgenommener Nutzen, $F(4,158)=1.200$, $p=0.313$, bei dem ebenfalls der fehlende Bezug zum eigenen Studium eine Rolle spielte. Hinsichtlich der wahrgenommenen Bedienbarkeit schneidet die finale Plattformversion ($M=3.79$, $SD=0.75$) schlechter ab als die anderen Varianten, insbesondere die Kontrollgruppenversion ($M=4.05$, $SD=0.80$). Die ANOVA zeigte, dass diese Unterschiede jedoch nicht signifikant waren, $F(4,158)=0.806$, $p=0.523$. Generell war über alle Plattformversionen hinweg eine überdurchschnittliche Akzeptanz vorhanden. Die Integration von Adaptationstechniken beeinflusste demnach die Technologieakzeptanz von E-Learning nicht signifikant.

Befunde der User Experience

Hinsichtlich der UX konnten für den Faktor Attraktivität ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung nachgewiesen werden, $F(4,158)=1.777$, $p=0.136$. Die Attraktivität der Link Annotation-

Version ($M=5.78$, $SD=0.84$) wurde im Vergleich zum finalen AEHS ($M=5.22$, $SD=1.89$) besser bewertet. Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Da das User Interface der Lernplattform, kaum verändert wurde, waren diese ausbleibenden signifikanten Unterschiede erwartungskonform. Für den Faktor Effizienz der Dimension pragmatische Qualität wies die Kontrollgruppenversion ($M=5.70$, $SD=0.71$) bessere Werte als das finale AEHS auf ($M=5.40$, $SD=1.09$). Diese Unterschiede waren ebenfalls nicht signifikant, $F(4,158)=0.888$, $p=0.472$. Das rein selbstregulierte Lernen mit der nicht-adaptiven Version wurde somit nicht als signifikant effizienter bewertet. Für die Durchschaubarkeit zeigte sich ein höherer Mittelwert der Kontrollgruppenversion ($M=5.88$, $SD=0.88$) gegenüber dem finalen AEHS ($M=5.35$, $SD=1.22$). Dieser war ebenfalls nicht signifikant, $F(4,158)=1.669$, $p=0.160$. Dies galt auch für den Faktor Steuerbarkeit, der insgesamt über alle fünf Plattformversionen sehr homogen bewertet wurde, $F(4,158)=0.077$, $p=0.989$. Die pragmatische Qualität der Lernplattform wurde somit durch die Adaptationstechniken nicht signifikant beeinflusst. Der Faktor Stimulation der hedonischen Qualität wurde bei der finalen Version ($M=4.97$, $SD=1.30$) am schlechtesten bewertet. Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung festgestellt werden, $F(4,158)=1.685$, $p=0.156$. Die Originalität wurde bei der finalen Version ($M=4.75$, $SD=1.31$) ebenfalls schlechter bewertet als bei den übrigen vier Varianten. Es konnten auch für diesen Faktor keine signifikanten Unterschiede identifiziert werden, $F(4,158)=0.686$, $p=0.603$. Die Dimension hedonische Qualität war beim finalen AEHS zwar schlechter ausgeprägt, jedoch konnten insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den fünf getesteten Plattformversionen nachgewiesen werden. Die Bewertung der UX wurde analog zu den Befunden der Vergleichsstudie nicht signifikant von den implementierten Adaptationstechniken beeinflusst. Alle Versionen wiesen eine überdurchschnittliche Bewertung der UX auf, was vermutlich auf die unveränderte Gestaltung der Benutzeroberfläche und des Interaktionskonzepts der Lernplattform zurückzuführen war.

Befunde des Kontrollempfindens

Für den Faktor Controllability des Kontrollempfindens wies das finale AEHS den geringsten Mittelwert auf ($M=3.63$, $SD=0.84$). Eine ANOVA konnte signifikante Unterschiede zwischen den Plattformversionen nachweisen, $F(4,157)=4.505$, $p=0.002$. Anschließende Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche zeigten, dass die Kontrollierbarkeit der Lernplattform bei der Kontrollgruppe signifikant besser bewertet wurde als beim finalen AEHS ($p=0.005$, 95%-KI[0.15, 1.32]). Im Kontext der Vergleichsstudie konnte bereits nachgewiesen werden, dass die Controllability der Kontrollgruppenversion signifikant besser bewertet wurde als bei der Direct Guidance-Version. Die nicht-adaptive Ausgangsversion erzielte somit eine signifikant bessere Controllability als zwei der getesteten adaptiven Systemvarianten. Für den Faktor Comfort of Use ergaben sich insgesamt sehr homogene Durchschnittsbewertungen und dementsprechend konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden, $F(4,157)=0.419$, $p=0.795$. Der Bedienkomfort wurde somit über

alle Versionen hinweg als gut eingeschätzt und nicht signifikant von der Integration adaptiver Systemkomponenten beeinflusst. Die Transparency wurde lediglich für die vier adaptiven Versionen untersucht. Das finale AEHS erzielte vergleichsweise gute Bewertungen ($M=3.06$, $SD=0.96$), jedoch konnten auch für diesen Faktor keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden, $F(3,125)=0.945$, $p=0.421$. Die Systemtransparenz konnte demnach auch durch die zusätzliche Visualisierung der Link Annotation im finalen AEHS nicht merklich verbessert werden. Insgesamt stellten die adaptiven Systemvarianten keine signifikante Verbesserung des Kontrollempfindens dar. Hinsichtlich des Faktors Controllability zeigte sich ferner eine für zwei Versionen signifikant schlechtere Bewertung dieses Faktors im Vergleich zur nicht-adaptiven Kontrollgruppenversion.

Die Hypothese musste somit abgelehnt werden, da das finale AEHS in vielerlei Hinsicht geringfügig schlechtere Bewertungen in den drei Faktoren der Learning Experience erzielte. Insgesamt konnten bis auf den Faktor Controllability keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden und ein erkennbarer Mehrwert gegenüber der nicht-adaptiven Version war somit hinsichtlich der Learning Experience nicht gegeben.

Kritische Würdigung der Ergebnisse und Methode

Die für die anderen Laborstudien identifizierten Beschränkungen hinsichtlich der fehlenden Einbettung in eine Lehrveranstaltung, der allgemein hohe Anteil an fachfremden Studierenden sowie die geringe Stichprobengröße galten auch für die Usability-Studie. Da einige Faktoren der drei Bestandteile der Learning Experience auf eine Passfähigkeit der Inhalte der Lernplattform zum eigenen Studium oder zumindest einzelnen Lehrveranstaltungen abzielten, musste die Aussagekraft der Ergebnisse kritisch hinterfragt werden. Es blieb insgesamt ungeklärt, ob die homogenen Einschätzungen der Technologieakzeptanz sowie der UX über alle fünf Plattformversionen hinweg auf das relativ unveränderte Gesamterscheinungsbild von NanoTecLearn zurückzuführen war oder auf die fachliche Distanz der Stichproben der Vergleichsstudie und der Usability-Studie. Eine Evaluation des AEHS mit Studierenden der Hauptzielgruppe der Lernplattform wäre für deren Verwendung zur Unterstützung von Lehrveranstaltungen im Themenbereich Mikrotechnik eine notwendige Voraussetzung. Hinsichtlich der Evaluation der Plattformversionen wäre eine Integration zusätzlicher Instrumente zur gezielten Einschätzung der Systemanpassungen wünschenswert gewesen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Nachfolgend werden die zentralen Erkenntnisse der Usability-Studie unter Einbeziehung der Erkenntnisse der Adaptationstechniken Vergleichsstudie für die Learning Experience der fünf Systemvarianten zusammengefasst.

F3: Wie werden die adaptiven Versionen der E-Learning Plattform untereinander und im Vergleich zur nicht-adaptiven Version hinsichtlich der Learning Experience bewertet?

- Technologieakzeptanz und UX waren für alle fünf Plattformversionen in hohem Maß gegeben, wurden jedoch nicht signifikant von den Adaptationstechniken beeinflusst.
- Kontrollempfinden wurde durch die Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung im Vergleich zur nicht-adaptiven Version teilweise signifikant verschlechtert.
- Adaptive Systemvarianten, insbesondere das finale AEHS, wiesen keine signifikant bessere und teilweise eine signifikant schlechtere Learning Experience als die nicht-adaptive Version auf.

Teil III

Zusammenfassung der Ergebnisse

8 Diskussion der Ergebnisse und Ausblick

Nach Abschluss des dreiphasigen Untersuchungsdesigns werden im folgenden Kapitel in Abschnitt 8.1 die übergeordneten Forschungsfragen und Hypothesen der Arbeit (siehe Tabelle 1 in Abschnitt 4.2) beantwortet. Daraufhin werden die Ergebnisse in Abschnitt 8.2 unter Berücksichtigung der jeweiligen Limitationen des Untersuchungssettings sowie der Datenauswertung zusammenfassend kritisch gewürdigt und diskutiert. Den Abschluss des Kapitels bildet ein Ausblick mit Perspektiven zur weiterführenden Optimierung der adaptiven NanoTecLearn Lernplattform sowie allgemein zu adaptivem E-Learning auf Basis der Lernmotivation.

8.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Beantwortung der zentralen Forschungsfrage der Arbeit (siehe Kapitel 1) sollte mithilfe einer Synthese der Ergebnisse der Teilstudien des dreiphasigen Untersuchungsdesigns (siehe Abschnitt 4.4) anhand der in Tabelle 1 in Abschnitt 4.2 formulierten Teilstudienfragen und Hypothesen vorgenommen werden. Adaptives E-Learning wurde in Kapitel 2 sowie in Abschnitt 4.1 als geeignete Möglichkeit identifiziert, um Lerninhalte zielgerichtet und benutzerspezifisch zu vermitteln. Dazu wurde das in Kapitel 3 aufgearbeitete vielschichtige Konstrukt der Lernmotivation beim selbstregulierten Lernen als Ausgangspunkt für Systemanpassungen gewählt, da dies als besonders bedeutsam für das Initiieren und Aufrechterhalten von Lernprozessen identifiziert wurde (siehe Abschnitt 4.1). Mithilfe des repräsentativen Fallbeispiels der NanoTecLearn Lernplattform (siehe Abschnitt 4.3) und deren Weiterentwicklung sowie fortlaufender Evaluation in den Kapiteln 5 bis 7 sollte überprüft werden, inwiefern sich adaptives E-Learning zur Förderung der Lernmotivation von Studierenden beim selbstregulierten Lernen eignen könnte.

F1: Steigert adaptives E-Learning die Lernmotivation von Studierenden?

H1: Adaptives E-Learning wirkt sich positiv auf die aktuelle Motivation der Lernenden aus.

Zur Beantwortung dieser Hypothese wurden die Hypothesen der beiden Motivationsstudien berücksichtigt, die sich auf die Bewertung des Instruktionsdesigns mithilfe des IMMS konzentrierten sowie die qualitativen Einschätzungen, die über die Fokusgruppen und offenen Fragestellungen im Anschluss an die Laborstudien erhoben wurden. Die über den FAM abgefragte aktuelle Motivation der Lernenden wurde bei der nicht-adaptiven NanoTecLearn Plattform in der Motivationsstudie 1 (siehe Abschnitt 5.1.3) besonders durch die vermittelte Aufmerksamkeit und die allgemeine Zufriedenheit mit der Lernplattform beeinflusst. Dies galt vorrangig für die Faktoren Interesse und Herausforderung und somit jene Aspekte, die im Kontext des selbstgesteuerten Verständnislernens eine besondere Rolle spielten (Rheinberg et al. 2001, S. 10). Die Motivationsstudie 2 konnte den Zusammenhang für

den Faktor situatives Interesse bestätigen. In dieser Untersuchung wurde insbesondere die Erfolgswahrscheinlichkeit durch die Gestaltung der Lernplattform signifikant beeinflusst. Es konnte somit geschlussfolgert werden, dass das Interesse vom Instruktionsdesign beider Plattformversionen, unabhängig vom Vorhandensein adaptiver Systemkomponenten, signifikant beeinflusst wurde. Die im Rahmen des finalen AEHS verwendete Link Annotation-Technik konnte die Lernmotivation nicht merklich verbessern. Über die offenen Fragestellungen der Studie wurden stattdessen alternative Vermittlungsformen, wie Lernvideos oder interaktive Quiz (siehe Abschnitt 7.2.3) sowie die bereits in der Motivationsstudie 1 erwähnten interaktiven Elemente als primäre Motivatoren identifiziert. Darüber hinaus wurde im Rahmen der Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 vielfach eine gänzliche Abwesenheit von Demotivation oder Langeweile berichtet, das heißt das bloße Angebot einer solchen Lernplattform schien gegenüber dem gewohnten Lernen im Studium einen Mehrwert darzustellen. Die zahlreichen Vorschläge der Fokusgruppen zeigten zudem, dass viele Wünsche und Vorschläge von Seiten der Studierenden sowie der Experten vorrangig auf inhaltliche Anpassungen der Lernplattform abzielten sowie auf kollaborative Aspekte, die mit der Gestaltung der ursprünglichen NanoTecLearn Plattform nicht umsetzbar gewesen wären (was z.B. in der Expertenfokusgruppe mehrfach angemerkt wurde) (siehe Abschnitte 5.3 und 5.4).

Ein signifikanter Mehrwert der adaptiven Plattformversion gegenüber der Ausgangsvariante konnte letztendlich nicht identifiziert werden. Unter Berücksichtigung des Zusatzaufwands bei der Implementierung von Adaptationstechniken sowie der Ergebnisse der Datenauswertung der Motivationsstudien wurde die Hypothese eher abgelehnt.

H2: Adaptives E-Learning wirkt sich positiv auf den Lernerfolg der Lernenden aus.

Diese Hypothese musste unter Berücksichtigung der Ergebnisse beider Motivationsstudien, insbesondere der Befunde zur Mediationsbeziehung zwischen aktueller Motivation, emotionalem Befinden und Lernresultaten abgelehnt werden, da in der Motivationsstudie 2 deutlich schlechtere Ergebnisse im Abschlusstest erzielt wurden. Kritisch anzumerken war jedoch das geringere Vorwissen der zweiten Stichprobe sowie der nicht konstant gehaltene Abschlusstest. Eine abschließende Aussage zum tatsächlichen Lernerfolg wäre erst mit der Integration von NanoTecLearn in eine Lehrveranstaltung mit realer Prüfungssituation, z.B. in Form einer Klausur, möglich.

Die erste Teilstudie konnte somit dahingehend beantwortet werden, dass eine signifikante Steigerung der Lernmotivation durch den Einsatz von Adaptationstechniken nicht nachgewiesen werden konnte. Insbesondere über Aussagen der qualitativen Erhebungen zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten des Studiendesigns konnte ermittelt werden, dass das E-Learning Angebot an sich bereits motivierend wirkte und explizite Gründe für steigende Lernmotivation meist zusätzliche Vermittlungsformen oder Wissenszugänge darstellten. Der Fokus sollte demnach im Kontext eines

Entwicklungsprozesses anstelle aufwändiger Adaptationstechniken primär auf die Adressierung möglichst vielfältiger, multimedialer Darstellungsformen, z.B. in Form der Einbindung von Lernvideos, interaktiven 3D-Modellen, Probenbetrachtern oder Wissensabfragen, gelegt werden. Falls eine Lernplattform vorrangig als Instrument zum selbstregulierten Vertiefen von Lehrinhalten oder zum Selbststudium genutzt werden soll, sollte zudem eine weitgehende Wahlfreiheit der Abschnitte gewährleistet werden und Systemanpassungen sollten in Form von Vorschlägen oder unverbindlichen Empfehlungen gestaltet werden.

F2: Inwiefern ist eine merkliche Veränderung der Lernmotivation in der Laufzeit einer E-Learning Session feststellbar?

H3: Der Verlauf der Lernmotivation eines Lernenden ändert sich insbesondere bei Übergängen zwischen den Wissenszugängen der NanoTecLearn Plattform.

Diese Hypothese wurde mithilfe der Logfile-Analysen der Adaptationstechniken Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2.3) und der Motivationsstudie 2 (siehe Abschnitt 7.2.3) beantwortet. Hinzugezogen wurden zudem Aussagen der Abschlussbefragungen beider Motivationsstudien. Die Auswertung der Abschlussinterviews der Motivationsstudie 1 lieferte erste Indizien, dass die interaktiven Elemente eine Steigerung der Lernmotivation im Vergleich zu den textlastigen Abschnitten von NanoTecLearn darstellten (siehe Abschnitt 5.1.3). Mithilfe der Logfile-Analysen konnten diese Einschätzungen durch die Visualisierung der Motivationsverläufe für die beiden Motivationsindikatoren aktuelles Interesse und Erfolgzuversicht bestätigt werden, da die Motivationsbewertungen für die interaktiven Abschnitte besser ausfielen als die Einschätzungen in den Abschnitten Theorie und Anwendung. Im Kontext der Motivationsstudie 2 zeigte sich eine insgesamt gleichförmigere Bewertung, jedoch war diese vorrangig auf die Integration von Lernvideos und interaktiven Quiz zurückzuführen und weniger auf die Adaptationstechnik Link Annotation.

Die Hypothese konnte folglich dahingehend bestätigt werden, dass die verschiedenen Formen der Wissensvermittlung und insbesondere die interaktiven Elemente von NanoTecLearn zu einer Änderung des Motivationsverlaufs führten. Dies wurde jedoch kaum durch die Adaptationstechniken beeinflusst. Teilweise zeigten sich signifikant schlechtere Durchschnittsbewertungen des finalen AEHS gegenüber den Befunden der Vergleichsstudie sowie geringere Mittelwerte für beide Motivationsindikatoren.

H4: Das aktuelle emotionale Befinden des Lernenden ist bei adaptivem E-Learning besser als bei nicht adaptivem E-Learning.

Diese Hypothese wurde mithilfe der Auswertung der vier Messzeitpunkte des PANAVA-KS der beiden Motivationsstudien beantwortet. Das emotionale Befinden diente in beiden Untersuchungen als Vermittlungsgröße zwischen aktueller Motivation und Lernresultaten, wobei hinsichtlich der

Lernmotivation insbesondere die Aktivierungsfaktoren von Bedeutung waren (Rheinberg 2010, S. 376). Der Vergleich der Bewertungen des PANAVA-KS beider Motivationsstudien in Abschnitt 7.2.3 ergab, dass für keinen der Messzeitpunkte signifikante Unterschiede im emotionalen Befinden zwischen nicht-adaptiver und adaptiver Plattformversion feststellbar waren. Darüber hinaus konnten innerhalb der Studien zudem kaum signifikante Unterschiede zwischen den vier Messzeitpunkten festgestellt werden. Die in den offenen Fragestellungen der Studien geäußerten motivierenden Wirkungen der interaktiven Elemente konnten somit in den Fragebogendaten nicht nachgewiesen werden.

Die Hypothese konnte daher nicht bestätigt werden. Adaptives E-Learning hatte keine signifikanten Auswirkungen auf das emotionale Befinden während des Lernens. Insgesamt wurden jedoch in beiden Studien zu allen vier Messzeitpunkten hohe Werte für positive Aktivierung und Valenz erzielt.

Hinsichtlich der zweiten Teilstudie musste insgesamt kritisch hinterfragt werden, ob die gewählte Vermittlungsgröße des emotionalen Befindens ein geeignetes Maß zur Identifikation von Erlebensunterschieden während einer zeitlich so knapp bemessenen Lernsession darstellte. Die Befunde waren in beiden Studien ein Indiz dafür, dass eine signifikante Veränderung des Befindens in diesen kurzen zeitlichen Abständen nicht feststellbar war, unabhängig von der Verwendung von Adaptationstechniken, verschiedenen Vermittlungsformen oder Wissenszugängen. Diese stellten eine subjektiv empfundene Verbesserung der Lernmotivation dar, die jedoch über die statistische Datenauswertung nicht bestätigt werden konnte.

F3: Welche Adaptationstechniken eignen sich zur Förderung der Lernmotivation?

H5: Die Learning Experience ändert sich in Abhängigkeit von der verwendeten Adaptationstechnik.

Diese Hypothese konnte mithilfe der Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2.3) und der Usability-Studie (siehe Abschnitt 7.3.2) beantwortet werden. Für die UX und die Technologieakzeptanz konnten für alle fünf Plattformversionen insgesamt hohe Durchschnittsbewertungen nachgewiesen werden. Die Akzeptanz und das Nutzungserlebnis zeigten zwischen den Plattformversionen keine signifikanten Unterschiede und wurden hauptsächlich von der Gestaltung der Benutzeroberfläche der E-Learning Plattform beeinflusst. Das Kontrollempfinden beim Lernen mit den adaptiven Versionen, insbesondere die Controllability, wurde teilweise signifikant schlechter als bei der nicht-adaptiven Version bewertet. Die Hypothese wurde abgelehnt, da zwischen den Adaptationstechniken keine signifikanten Unterschiede feststellbar waren. Die lediglich durchschnittliche Bewertung der Systemtransparenz legte zudem nahe, dass das in den qualitativen Erhebungen angemerkt unübersichtliche Navigationskonzept der Lernplattform nicht entscheidend verbessert werden konnte.

H6: Die Faktoren der Learning Experience beeinflussen sich in Abhängigkeit von der verwendeten Adaptationstechnik gleichzeitig.

Die Befunde der Adaptationstechniken Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2.3) zeigten, dass sich die drei Faktoren der Learning Experience gegenseitig vielfach positiv beeinflussten. Die Technologieakzeptanz, insbesondere die wahrgenommene Bedienbarkeit, war ein signifikanter positiver Einflussfaktor für eine gute UX, wobei insbesondere die pragmatische Qualität positiv beeinflusst wurde. Beim Kontrollempfinden war primär der Bedienkomfort der Lernplattform ein wichtiger Einflussfaktor für alle Dimensionen der UX. Bei der Direct Guidance-Version und der Agentenversion war zudem eine hohe Systemtransparenz eine wichtige Voraussetzung für eine gute UX. Die wahrgenommene Bedienbarkeit der Technologieakzeptanz war über alle Plattformversionen hinweg ein positiver Einflussfaktor auf das Kontrollempfinden. Die Hypothese konnte somit bestätigt werden, da die drei gewählten Faktoren der Learning Experience sich gegenseitig positiv beeinflussten. Für die Entwicklung einer benutzerfreundlichen E-Learning Plattform sollte folglich sichergestellt werden, dass eine hohe Technologieakzeptanz, UX und Kontrollempfinden gegeben sind, unabhängig von der Integration adaptiver Systemkomponenten.

Die dritte Teilstudie konnte dahingehend beantwortet werden, dass keine der implementierten Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung eine signifikante Verbesserung der Learning Experience darstellte. Es war darüber hinaus sogar davon auszugehen, dass der Ansatz des freien Explorierens der nicht-adaptiven Plattformversion, die größte Zustimmung erfuhr. Über die offenen Fragestellungen der Studien wurde zudem vereinzelt angemerkt, dass eine Adaptation explizit nicht gewünscht sei, da dies nicht dem eigenen Lernansatz bei der Verwendung von E-Learning Angeboten entspräche und eine Anpassung der Benutzerführung auf Basis der Motivation nicht zielführend sei. Ob Techniken der adaptiven Inhaltsanpassung zu anderen Befunden geführt hätten, blieb im Kontext der durchgeführten Studien ungeklärt. Da im Rahmen der Fokusgruppen mit Studierenden (siehe Abschnitt 5.3) oftmals diese Aspekte als sinnvolle Ergänzungen angesprochen wurden, bestanden dahingehend zumindest Indizien.

F4: Welcher Zusammenhänge bestehen zwischen Adaptation, Lernmotivation und Lernerfolg?

H7: Die aktuelle Motivation des Lernenden beeinflusst den Lernerfolg positiv, vermittelt durch das aktuelle emotionale Befinden während der E-Learning Session.

Diese Hypothese wurde mithilfe der Mediationsbeziehung zwischen der aktuellen Motivation, dem emotionalen Befinden als Vermittlungsgröße und den Ergebnissen des Abschlusstests der beiden Motivationsstudien untersucht (siehe Abschnitt 5.1.3 und 7.2.3) Für die Motivationsstudie 1 konnte für einige Kombinationen der Faktoren, z.B. Interesse (FAM) und positive Aktivierung (PANAVA-KS)

eine positive Wirkbeziehung hinsichtlich der Lernresultate nachgewiesen werden. Ein direkter Einfluss der aktuellen Motivation auf die Lernresultate konnte für keine Kombination der Faktoren gezeigt werden. Ein signifikanter Gesamteffekt des Mediationsmodells konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Für die Motivationsstudie 1 zeigte sich insgesamt, dass die angenommene Wirkbeziehung des operationalisierten Prozessmodells der Lernmotivation (siehe Abschnitt 5.1.1) für die verwendeten Konstrukte teilweise vorlag. Eine Replikation dieser Ergebnisse mit der adaptiven Plattformversion war im Rahmen der Motivationsstudie 2 jedoch für keine Kombination der Faktoren möglich. Da zwischen beiden Stichproben Unterschiede im Vorwissen, in der über den FAM abgefragten aktuellen Motivation und insbesondere in den Lernresultaten bestanden, war eine optimale Vergleichbarkeit der Befunde jedoch nicht gegeben. Die Hypothese blieb folglich weitgehend ungeklärt.

H8: Die Learning Experience hat einen positiven Einfluss auf die aktuell wirksame Motivation.

Diese Hypothese wurde mithilfe der Adaptationstechniken Vergleichsstudie (siehe Abschnitt 6.2.3) und der Einbeziehung des FAM sowie der drei Instrumente zur Abfrage der Learning Experience beantwortet. Die Faktoren Interesse und Herausforderung der aktuellen Motivation wurden bei zwei Plattformversionen (Kontrollgruppe und Link Annotation) hinsichtlich des Kontrollempfindens primär vom Bedienkomfort beeinflusst. Bei der Direct Guidance-Version und der Agentenversion spielte die Systemtransparenz für das Einschätzen der eigenen Erfolgswahrscheinlichkeit eine wichtige Rolle. Die Technologieakzeptanz stellte bei der Kontrollgruppenversion und der Link Annotation-Version eine signifikante Einflussgröße der beiden für das selbstgesteuerte Verständnislernen wichtigen Faktoren der aktuellen Motivation dar. Darüber hinaus eigneten sich die Technologieakzeptanz und die UX über alle Plattformversionen hinweg nur bedingt als Prädiktoren der aktuellen Motivation. Die Hypothese musste somit eher abgelehnt werden, da keine generalisierbaren Zusammenhänge für die Komponenten der Learning Experience und die Faktoren der aktuellen Motivation nachweisbar waren. Signifikante positive Einflüsse konnten primär zwischen Kontrollempfinden und Lernmotivation identifiziert werden.

H9: Motivationale Anreizfaktoren und Studieninteresse beeinflussen die Akzeptanz von E-Learning.

Diese Hypothese wurde mithilfe der Befunde der Onlinestudie beantwortet (siehe Abschnitt 5.2). Die motivationale Orientierung der Studierenden war eher zweckorientiert und somit vorrangig extrinsisch. Darüber hinaus lag ein moderat ausgeprägtes Studieninteresse vor. Die Studierenden zeigten zudem eine grundsätzliche Akzeptanz sowie prinzipielle Nutzungsbereitschaft von E-Learning Angeboten. Für Studierende mit stark extrinsisch ausgeprägter motivationaler Orientierung konnte ein negativer Zusammenhang mit der E-Learning Akzeptanz nachgewiesen werden. Für intrinsisch motivierte Studierende konnte dies jedoch nicht gezeigt werden. Das Studieninteresse wies keinen signifikanten Zusammenhang mit der E-Learning Akzeptanz auf. Die Hypothese musste somit eher

abgelehnt werden, da die allgemeine Technologieakzeptanz gegenüber E-Learning entsprechend der Befunde kaum von motivationalen Konstrukten beeinflusst wurde. Dies spiegelte sich auch in den Befunden der Adaptationstechniken Vergleichsstudie wider (siehe vorherige Hypothese). Die aktuelle Motivation wurde in dieser Untersuchung ebenfalls kaum von der Einschätzung der Technologieakzeptanz beeinflusst.

Die vierte Teilstudienfrage konnte dahingehend beantwortet werden, dass bei der nicht-adaptiven Ausgangsversion Zusammenhänge zwischen Lernmotivation und Lernerfolg nachgewiesen werden konnten, jedoch nicht für die adaptive Systemvariante. Es wurde daher angenommen, dass die Lernmotivation nicht entscheidend von der Implementierung von Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung beeinflusst wurde. Die situationsspezifischen Motivationsfaktoren konnten insgesamt nicht als Prädiktoren der Technologieakzeptanz und UX identifiziert werden. Übergeordnete motivationale Konstrukte, wie Anreizfokus oder Studieninteresse waren zudem kein entscheidender Einflussfaktor der E-Learning Akzeptanz. Entsprechend der qualitativen Erhebungen konnte angenommen werden, dass die Technologieakzeptanz durch den vermittelten Mehrwert eines solchen Angebots sowie dessen benutzerfreundliche Gestaltung beeinflusst wurde.

Die zentrale Forschungsfrage der Arbeit „*Inwiefern eignet sich adaptives E-Learning zur Förderung der Lernmotivation von Studierenden beim selbstregulierten Lernen?*“ konnte abschließend dahingehend beantwortet werden, dass sich E-Learning beim selbstregulierten Lernen im Kontext des verwendeten Fallbeispiels und der Stichproben der Teilstudien größtenteils zur weitgehenden Aufrechterhaltung der Lernmotivation eignete. Adaptives E-Learning in Form von adaptiver Navigationsunterstützung, die auf die aktuelle Motivation von Studierenden reagierte, bot jedoch keinen signifikanten Mehrwert beim Lernen mit der Lernplattform NanoTecLearn. Rückschlüsse auf die Wirksamkeit anderer Adaptationstechniken (z.B. adaptive Präsentation) oder die Eignung anderer Motivationsindikatoren (z.B. Lernziele oder Attributionen) als Basis der Systemanpassungen konnten über die Befunde der Teilstudien des Untersuchungsdesigns nicht gezogen werden.

8.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse legten insgesamt nahe, dass die Versionen der Lernplattform NanoTecLearn an sich zwar über alle Untersuchungen hinweg positiv bewertet, akzeptiert und als Mehrwert für das eigene Lernen angesehen wurden, die adaptiven Systemreaktionen auf Basis der aktuellen Lernmotivation jedoch kaum zu diesem Meinungsbild beitrugen. Die zu Beginn der Studiendurchführung im Wintersemester 2017/18 bereits nahezu finalisierte Ausgangsversion der Lernplattform stellte sich somit sowohl Vorteil als auch Nachteil heraus. Einerseits konnte auf ein inhaltlich sowie didaktisch bereits evaluiertes und bewährtes Konzept aufgebaut (siehe Abschnitt 4.3) und der Fokus direkt auf

die Integration von Adaptationstechniken gelegt werden. Andererseits ermöglichte die Lernplattform Änderungen lediglich in einem begrenzten Spielraum. Es blieb somit offen, ob die gänzliche Neukonzeption als adaptives Lernsystem insgesamt bessere Ergebnisse erzielt hätte. Das Heranziehen eines nicht-adaptiven Systems als Vergleichswert wäre in diesem Fall nicht möglich gewesen, zudem wurde der reine Vergleich adaptiver und statischer Versionen interaktiver Systeme in der Literatur teilweise kritisch angemerkt (Paramythis et al. 2010, S. 384). Über die Adaptationstechniken Vergleichsstudie wurde versucht, mithilfe des Vergleichs unterschiedlicher adaptiver Systemvarianten, dieser Problematik entgegenzuwirken, jedoch ähnelten sich die Umsetzungen entsprechend der Befunde zu stark, um signifikante Unterschiede zu identifizieren. Die begrenzte Nutzungszeit stellte ebenfalls eine Herausforderung dar sowie die fehlenden Benutzerkonten, die eine Erfassung durchschnittlicher Verweilzeiten in bestimmten Abschnitten oder die Identifikation von Bewertungsmustern der Lernmotivation nicht ermöglichen. Das System und die entsprechenden Adaptationstechniken hatten somit keine Gelegenheit, auf Basis einer Trainingsphase, das Benutzerverhalten zu analysieren und entsprechende Anpassungen daran auszurichten. Es war daher lediglich eine sehr begrenzte Adaptation möglich. Die gewählten Faktoren der Learning Experience erwiesen sich insbesondere hinsichtlich der Technologieakzeptanz und UX aufgrund der nahezu unveränderten Benutzeroberfläche der Lernplattform als zu unspezifisch, um Detailunterschiede in der Bedienung auf Basis der Adaptation zu identifizieren.

Die Abfrage mit Selbsteinschätzungen, sowohl im Rahmen der Online-Fragebögen der Laborstudien als auch plattformseitig erwies sich insgesamt als zweckdienlich, jedoch stellte insbesondere die adaptive Version von NanoTecLearn beim Erhalt von Untersuchungssetting und Erhebungszeitpunkten eine Herausforderung dar. Die Befunde der Varianzanalysen legten insgesamt nahe, dass signifikante Änderungen der Lernmotivation und des emotionalen Befindens in derart begrenzten Lernzeiträumen und durch das gezeigte Lernmaterial nicht nachweisbar waren. Die hochindividualisierten Lernpfade, die sich aufgrund der freien Exploration der Plattform oder der benutzerspezifischen Systemvorschläge ergaben, stellten eine Herausforderung dar und führten durch die verwendeten Pop-Up-Fenster zu teilweise erheblichen Datenverlusten. Bei entsprechender Geräte- und Datengüte wäre die kontinuierliche Erfassung über physiologische Daten, z.B. über Wearables, wie es im den Untersuchungen zugrundeliegenden SensoMot-Forschungsprojekt angedacht war, eine mögliche Alternative, jedoch stehen klare Befunde zur Nachweisbarkeit motivationaler oder emotionaler Zustände durch Mustererkennung aus physiologischen Daten noch aus (Schneider et al. 2017).

Eine zentrale Herausforderung und Limitation der Aussagekraft der Self Report-Daten stellte die begrenzte externe und ökologische Validität der Untersuchung im Sinne der Imitation einer möglichst realistischen Lernsituation dar. Die Untersuchungen konnten nicht in eine Lehrveranstaltung mit zugehöriger Prüfungssituation eingebettet werden, was teilweise die Reliabilität einzelner Faktoren

oder Items von Fragebögen beeinträchtigte. Die über alle Laborstudien konstant gehaltene Untersuchungssituation konnte jedoch zumindest eine hohe interne Validität garantieren (Döring und Bortz 2016, S. 206), da etwaige Störgrößen, z.B. das Probandenhonorar als externer Anreizfaktor oder die künstlich geschaffene Lernsituation mit Bildschirmarbeitsplatz und anwesender Testleitung, über alle Studien hinweg identisch blieben. Die Durchführung der Teilstudien als für eine Vielzahl von Studiengängen zugängliche Untersuchung konnte zudem relativ große Stichproben gewährleisten. Unter Berücksichtigung der typischen Gruppengrößen im Bereich Mikrotechnik der Technischen Universität Ilmenau hätte eine Einbettung der Studien in entsprechende Lehrveranstaltungen zu deutlich kleineren Stichproben und somit weniger aussagekräftigen Datensätzen geführt. Wie bereits in den kritischen Würdigungen der Einzeluntersuchungen angemerkt, waren trotz der als Erfolg zu wertenden Stichprobengrößen, die Probandenzahlen nicht ausreichend, um kleine Effektgrößen nachzuweisen. Die Teilnehmerakquise gestaltete sich zudem in den späteren Phasen des Untersuchungsdesigns zunehmend schwieriger.

Die Formulierungen der Items führten teilweise zu Verständnis- oder Interpretationsschwierigkeiten, was z.B. im Rahmen der Motivationsstudie 1 in den Abschlussinterviews vereinzelt angemerkt wurde. Bei der Datenauswertung führten die teilweise vorhandenen Verständnisprobleme hinsichtlich der Itemformulierung sowie die bereits angesprochene fehlende Einbettung in einen realen Lernkontext teilweise zu Abzügen in der internen Konsistenz der Fragebögen. Die untersuchten Konstrukte, insbesondere die Herausforderung des FAM und die Relevance des IMMS konnten teilweise nicht treffend über die Fragebögen erfasst werden. Die Prüfung der Normalverteilung (Janssen und Laatz 2017, S. 249–250) der Daten zeigte zudem, dass diese nicht für alle integrierten Fragebogenbestandteile gegeben war. Aufgrund der Stichprobengrößen war jedoch von einer Robustheit der Daten, trotz teilweise fehlender Normalverteilung, hinsichtlich der Verwendung parametrischer Testverfahren auszugehen (Bortz und Schuster 2010, S. 162; Döring und Bortz 2016, S. 660).

Bei der Operationalisierung erwies sich das Prozessmodell der Lernmotivation (siehe Abschnitt 5.1.3) insgesamt als geeigneter Rahmen zur Abfrage verschiedener Aspekte der aktuell wirksamen Motivation und deren Bedingungsfaktoren. Kritisch anzumerken war jedoch die konkrete Wahl der einbezogenen Konstrukte. Zwischen den gewählten Personen- und Situationsfaktoren konnten z.B. kaum Zusammenhänge nachgewiesen werden und auch die Mediationsbeziehung war lediglich in einer Studie zumindest teilweise identifizierbar. Zu überlegen wäre in diesem Zusammenhang die stärkere Berücksichtigung kognitiver Aspekte, z.B. Konzentration, Intelligenz oder Lernstrategien, um den allgemeinen Funktionszustand während des Lernens besser erfassen zu können (Engeser 2005, S. 132–133). Letztendlich musste jedoch ein Kompromiss aus Passfähigkeit zum Untersuchungsschwerpunkt und Zumutbarkeit des Aufwands der Bearbeitung der Fragebögen

gefunden werden. Darüber hinaus sollte das eigentliche Lernen mit NanoTecLearn nicht zu stark in den Hintergrund rücken. Der Begriff Lernerfolg oder Lernresultate, der den Abschluss des Prozessmodells darstellte, musste ebenfalls kritisch hinterfragt werden, da eine Diskrepanz zwischen dem selbstregulierten, explorativen Verständnislernen mit NanoTecLearn und den von den Fachverantwortlichen bereitgestellten Multiple-Choice-Fragen bestand, die vorrangig auf die Abfrage von Faktenwissen abzielten. Eine Aussage über tatsächlichen Lernerfolg war auf Basis der Motivationsstudien und unter Berücksichtigung des geringen Beschäftigungszeitraums mit der Lernplattform nicht abschließend möglich. Die für die Evaluation der Benutzerfreundlichkeit der Plattformversionen genutzten Faktoren der Learning Experience hätten, wie in den kritischen Würdigungen der zugehörigen Studien benannt, stärker auf die Einschätzung der Adaptation ausgerichtet werden sollen.

Letztendlich stellten die Befunde lediglich Indizien dar, die nur für den speziellen Anwendungsfall NanoTecLearn und die befragten Stichproben der Studierenden der Technischen Universität Ilmenau sowie die gewählten Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung Gültigkeit besaßen. Eine Generalisierbarkeit über verschiedene fachliche Domänen, Bildungseinrichtungen oder Adaptationstechniken hinweg konnte nicht gewährleistet werden. Es stellte sich insgesamt die kritische Frage, ob eine Systemanpassung auf nachweislich hochindividuelle und situationsspezifische Konstrukte, wie Lernmotivation oder emotionales Befinden überhaupt für E-Learning Systeme in Betracht gezogen werden sollte. Die Vielfalt an Theorien und Konstrukten in diesem Bereich würde zudem die Erstellung konkreter Adaptationsmechanismen erschweren. Im nachfolgenden Ausblick sollen daher alternative Perspektiven für die Berücksichtigung der Lernmotivation im Bereich E-Learning benannt werden.

8.3 Ausblick

Vor einem möglichen Einsatz der Lernplattform NanoTecLearn, unabhängig von der Verwendung der nicht-adaptiven Ausgangsversion oder des AEHS, sollte ein Modellversuch der Integration und Anwendung des Systems in einem realen Lernkontext der Technischen Universität Ilmenau unternommen werden. In diesem Zusammenhang könnten zudem treffendere Aussagen zur Motivationsförderlichkeit der Lernplattform getroffen werden, da gemäß der Leistungsmotivation (siehe Abschnitt 3.1.3) ein verbindlicher Gütemaßstab, z.B. in Form einer Klausur, sowie der Austausch mit Lehrenden und Lernenden gegeben wäre. Darüber hinaus könnte untersucht werden, ob signifikante Veränderungen im Verlauf der Lernmotivation über einen längeren Erhebungszeitraum im Vergleich zu den Einzelsessions nachweisbar wären (siehe Erkenntnisse der Kapitel 5, 6 und 7). Dahingehend sollte die Erhebung der Motivation nochmals überdacht werden und für diese zeitliche

Dimension passendere Motivationsindikatoren identifiziert werden. Über einen längeren Erhebungszeitraum sowie im Rahmen einer studiengangsrelevanten Lehrveranstaltung könnten z.B. individuell gesetzte Lernziele über Erhebungsmethoden der Zielorientierung genutzt werden, die zudem mit der empfundenen Relevanz der Inhalte in Bezug gesetzt werden könnten (für eine Übersicht zu Zusammenhängen der Zielorientierung und der aktuell wirksamen Motivation siehe Bachmann 2009). Darüber hinaus könnte eine kombinierte Erhebung motivationaler, affektiver und kognitiver Variablen weiterführende Erkenntnisse liefern, da insbesondere im Kontext des selbstregulierten Lernens (siehe Abschnitt 3.3) diese umfassende Betrachtung von Relevanz ist, um z.B. Aussagen über die Verwendung von Lernstrategien zu treffen. Im Kontext des selbstregulierten Lernens könnte die Perspektive des kollaborativen Lernens ergänzend untersucht werden, da Lernen zumeist in soziale Kontexte eingebettet ist, NanoTecLearn jedoch lediglich auf Einzelbearbeitungen ausgelegt war. Dies wurde während der qualitativen Evaluationen in Kapitel 5 teilweise kritisch angemerkt (für eine Untersuchung der Potenziale kollaborativen E-Learnings in Zusammenhang mit selbstreguliertem, motiviertem Lernen siehe Küfner 2010).

Ferner sollte der Auswahl geeigneter Erhebungsmethoden eine besondere Bedeutung zukommen, da für eine wiederholte und möglichst kontinuierliche Erhebung der Lernmotivation die Fragebögen einerseits nicht zu umfangreich oder unspezifisch sein sollten, andererseits die Abfrage jedoch auch nicht zu trivial sein sollte (z.B. mithilfe einer einfachen Gegenüberstellung von motiviert und demotiviert). Die Erhebung der Motivation und der Einsatz der Lernplattform über einen längeren Zeitraum hätte zudem Auswirkungen auf den Einsatz geeigneter Adaptationstechniken (für einen Überblick über Entwicklungspotenziale adaptiver hypermedialer Lernsysteme siehe Durlach 2012). Die Abfrage könnte z.B. in geringerer Häufigkeit erfolgen, indem eine Anpassung nur im Anschluss an ein bearbeitetes Kapitel stattfindet. Für einen solchen Ansatz könnte zudem alternativ zum Entwicklungsprozess von NanoTecLearn der Fokus auf inhaltsbasierte Adaptationstechniken (siehe Abschnitt 2.4.1) gelegt werden. Da die in den Teilstudien des Untersuchungsdesigns verwendeten Techniken der adaptiven Navigationsunterstützung nicht zu einer signifikanten Verbesserung der Lernmotivation im Vergleich zur nicht-adaptiven Ausgangsversion führte, wäre eine vergleichende Betrachtung von Techniken der inhaltlichen Adaptation von Interesse. Es könnten somit differenziertere Aussagen getroffen werden, inwiefern adaptives E-Learning geeignet wäre, die Lernmotivation gezielt zu fördern.

Als alternative Erhebungsform zu den verwendeten Self-Report Mechanismen könnten physiologische Daten herangezogen werden, die eine kontinuierliche Messung ohne bewusste Unterbrechung des Lernprozesses ermöglichen. Das Forschungsprojekt SensoMot unternahm diesen Versuch als zusätzliche Weiterentwicklung von NanoTecLearn unter Einbeziehung von Wearables zur Förderung der Lernmotivation. Erste Ergebnisse zeigten jedoch, dass kommerzielle vertriebene Geräte in diesem

Bereich nach aktuellem Stand noch nicht ausgereift genug für eine Schlussfolgerung auf motivationale Zustände sind (Schneider et al. 2017). Darüber hinaus wäre der Mehrwert einer kontinuierlichen Erfassung zumindest anzuzweifeln, da in den Self-Report-basierten Teilstudien mit NanoTecLearn kaum signifikante Unterschiede im Motivationsverlauf festgestellt werden konnten.

Neben Lernplattformen könnten andere Möglichkeiten multimedialen Lernens zur Förderung der Lernmotivation in Betracht gezogen werden. In den qualitativen Erhebungen in Kapitel 5 wurden z.B. Gamification-basierte Angebote oder Lernvideos als potenziell motivationsförderlich identifiziert. Weiterführende Untersuchungen im Rahmen von Abschlussarbeiten an der Technischen Universität Ilmenau konnten erste Indizien für die Motivationsförderlichkeit der Gamification-basierten Anwendung Codecademy zum Erlernen von Programmiersprachen sowie für die Nutzung von Lernvideos im Bereich Mathematik liefern (Webers 2019; Popp 2019), jedoch sollten weiterführende Studien durchgeführt werden, insbesondere hinsichtlich der Verbesserung der Lernergebnisse gegenüber dem bloßen Unterhaltungsfaktor einer motivierend gestalteten multimedialen Lernanwendung. Letztendlich wurde E-Learning über die verschiedenen Studien mit NanoTecLearn hinweg und die darin adressierten Studiengänge insgesamt als großer Mehrwert und Potenzial für eine Integration in bestehende Präsenzlehrkontakte aufgefasst. Eine generelle Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft waren gegeben und der Wunsch nach einer gezielten Einbindung solcher Angebote zur Vertiefung von studienspezifischem Wissen oder Fähigkeiten wurde geäußert. Eine Perspektive, die zu den hauptsächlich mit Lernenden durchgeföhrten Studien mit NanoTecLearn noch ergänzt werden sollte, ist jene der Lehrenden, deren Akzeptanz und Bereitschaft zur Integration und Nutzung von Bildungstechnologien ebenfalls gegeben sein sollte.

Literaturverzeichnis

- Achtziger, Anja; Gollwitzer, Peter M. (2010): Motivation und Volition im Handlungsverlauf. In: Jutta Heckhausen und Heinz Heckhausen (Hg.): Motivation und Handeln. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 309–335.
- Arnold, Patricia; Kilian, Lars; Thilloesen, Anne M. (2015): Handbuch E-Learning. Lehren und Lernen mit digitalen Medien. 4. erweiterte Auflage. Bielefeld: wbv.
- Arnold, Patricia; Kilian, Lars; Thilloesen, Anne M.; Zimmer, Gerhard M. (2018): Handbuch E-Learning. Lehren und Lernen mit digitalen Medien. 5. Auflage. Bielefeld: wbv (utb Pädagogik).
- Astleitner, Hermann; Keller, John M. (1995): A Model for Motivationally Adaptive Computer-Assisted Instruction. In: *Journal of Research on Computing in Education* 27 (3), S. 270–280.
- Astleitner, Hermann; Pasuchin, Iwan; Wiesner, Christian (2006): Multimedia und Motivation - Modelle der Motivationspsychologie als Grundlage für die didaktische Mediengestaltung. In: *Medien Pädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, Einzelbeiträge*, S. 1–19.
- Atkinson, John W. (1975): Einführung in die Motivationsforschung. Stuttgart: Klett.
- Bachmann, Gerhard (2009): Zielorientierungen und aktuelle Motivation: Eine Integration im Kontext des selbstregulierten Lernens. Dissertation. Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main. Fachbereich Psychologie und Sportwissenschaften.
- Bandura, Albert (1986): Social Foundations of Thought and Action. A Social Cognitive Theory. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Baumgartner, Peter; Häfele, Hartmut; Maier-Häfele, Kornelia (2002): E-Learning Praxishandbuch. Auswahl von Lernplattformen; Marktübersicht - Funktionen - Fachbegriffe. Innsbruck u.a: Studienverlag.
- Baumstark, Keri; Graf, Sabine (2014): A Framework for Integrating Motivational Techniques in Technology Enhanced Learning. In: Dickson K. W. Chiu, Minhong Wang, Elvira Popescu, Qing Li und Rynson Lau (Hg.): New Horizons in Web Based Learning. ICWL 2011 International Workshops, KMEL, ELSM and SPeL, Hong Kong, 08.12.-10.12.2011, Revised Selected Papers. Berlin, Heidelberg: Springer (Lecture notes in computer science), S. 150–160.
- Beckmann, Jürgen; Heckhausen, Heinz (2010): Motivation durch Erwartung und Anreiz. In: Jutta Heckhausen und Heinz Heckhausen (Hg.): Motivation und Handeln. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 105–143.
- Beierlein, Constanze; Kovaleva, Anastassiya; Kemper, Christoph J.; Rammstedt, Beatrice (2012): Ein Messinstrument zur Erfassung subjektiver Kompetenzerwartungen. Allgemeine Selbstwirksamkeit Kurzskala (ASKU). In: *GESIS-Working Papers* 2012 (17).
- Benyon, David (2010): Designing Interactive Systems. A Comprehensive Guide to HCI and Interaction Design. 2. Auflage. Harlow: Addison Wesley.
- Boekaerts, Monique (1999): Self-Regulated Learning. Where we are Today - Theory, Research and Practice. In: *International Journal of Educational Research* 31 (6), S. 445–457.
- Boekaerts, Monique (2010): Motivation and Self-Regulation: Two close Friends. In: Timothy C. Urdan und Stuart A. Karabenick (Hg.): The Decade Ahead: Theoretical Perspectives on Motivation and Achievement. Bingley: Emerald (Advances in Motivation and Achievement, 16B), S. 69–108.

- Bortz, Jürgen; Schuster, Christof (2010): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Braun, Edith; Weiß, Thomas; Seidel, Tina (2014): Lernumwelten in der Hochschule. In: Tina Seidel und Andreas Krapp (Hg.): Pädagogische Psychologie. 6. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz, S. 433–453.
- Brunstein, Joachim C. (2010): Implizite und explizite Motive. In: Jutta Heckhausen und Heinz Heckhausen (Hg.): Motivation und Handeln. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 237–255.
- Brunstein, Joachim C.; Heckhausen, Heinz (2010): Leistungsmotivation. In: Jutta Heckhausen und Heinz Heckhausen (Hg.): Motivation und Handeln. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 145–192.
- Brusilovsky, Peter (1996): Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. In: *User Modeling and User-Adapted Interaction* 6 (2-3), S. 87–129.
- Brusilovsky, Peter (2007): Adaptive Navigation Support. In: Peter Brusilovsky, Alfred Kobsa und Wolfgang Nejdl (Hg.): The Adaptive Web. Methods and Strategies of Web Personalization. Berlin u.a.: Springer (Lecture notes in computer science), S. 263–290.
- Brusilovsky, Peter (2012): Adaptive Hypermedia for Education and Training. In: Paula J. Durlach und Alan M. Lesgold (Hg.): Adaptive Technologies for Training and Education. Cambridge u.a.: Cambridge University Press, S. 46–65.
- Brusilovsky, Peter; Karagiannidis, Charalampos; Sampson, Demetrios (2001): The Benefits of Layered Evaluation of Adaptive Applications and Services. In: *1st Workshop on Empirical Evaluation of Adaptive Systems at UM2001*, S. 1–8.
- Brusilovsky, Peter; Millà, Eva (2007): User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. In: Peter Brusilovsky, Alfred Kobsa und Wolfgang Nejdl (Hg.): The Adaptive Web. Methods and Strategies of Web Personalization. Berlin u.a.: Springer (Lecture notes in computer science), S. 3–53.
- Bunt, Andrea; Carenini, Giuseppe; Conati, Cristina (2007): Adaptive Content Presentation for the Web. In: Peter Brusilovsky, Alfred Kobsa und Wolfgang Nejdl (Hg.): The Adaptive Web. Methods and Strategies of Web Personalization. Berlin u.a.: Springer (Lecture notes in computer science), S. 409–432.
- Carrier, Carol A.; Jonassen, David H. (1988): Adapting Courseware to Accommodate Individual Differences. In: David H. Jonassen (Hg.): Instructional Designs for Microcomputer Courseware. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, S. 203–226.
- Chandler, Paul; Sweller, John (1991): Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. In: *Cognition and Instruction* 8 (4), S. 293–332.
- Chen, Gilad; Gully, Stanley M.; Eden, Dov (2001): Validation of a New General Self-Efficacy Scale. In: *Organizational Research Methods* 4 (1), S. 62–83.
- Chen, Kuan-Chung; Jang, Syh-Jong (2010): Motivation in Online Learning: Testing a Model of Self-Determination Theory. In: *Computers in Human Behavior* 26 (4), S. 741–752.
- Chin, David N. (1993): Acquiring User Models. In: *Artificial Intelligence Review* 7 (3), S. 185–197.
- Cohen, Jacob (1988): Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2. Auflage. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cooper, Alan; Reimann, Robert; Cronin, David; Noessel, Christopher (2014): About Face: The Essentials of Interaction Design. 4. Auflage. Indianapolis: Wiley.

Cronbach, Lee J. (1951): Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. In: *Psychometrika* 16 (3), S. 297–334.

Cronbach, Lee J.; Snow, Richard E. (1977): Aptitudes and Instructional Methods. A Handbook for Research on Interactions. New York: Irvington.

Da Rin, Denise (2005): Vom E-Learning zum Blended-Learning. Eine empirische Untersuchung zum computergestützten Lernen in der betrieblichen Aus- und Weiterbildung unter besonderer Berücksichtigung der Nutzerperspektive und der Akzeptanzfrage. Dissertation. Universität Luzern, Luzern.

Davis, Fred D. (1985): A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems. Dissertation. Massachusetts Institute of Technology, Boston.

Davis, Fred D. (1989): Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. In: *MIS Quarterly* 13 (3), S. 319–340.

De-Bra, Paul (2008): Adaptive Hypermedia. In: Heimo H. Adelsberger, Kinshuk, Jan M. Pawłowski und Demetrios G. Sampson (Hg.): *Handbook on Information Technologies for Education and Training*. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer (International Handbooks on Information Systems), S. 29–46.

De-Jong, Kenneth A. (1975): Analysis of the Behavior of a Class of Genetic Adaptive Systems. Dissertation. University of Michigan, Michigan.

Del Rio, Claudio; Fischer, Thomas (2007): HELIOS. Redefining E-Learning Territories. In: *eLearning Papers* 6 (4).

Del-Puerto Paule Ruiz, Maria; Jesús Fernández Díaz, Maria; Ortín Soler, Francisco; Pérez Pérez, Juan R. (2008): Adaptation in Current E-Learning Systems. In: *Computer Standards & Interfaces* 30 (1-2), S. 62–70.

Dessart, Charles-Eric; Genaro Motti, Vivian; Vanderdonckt, Jean (2011): Showing User Interface Adaptivity by Animated Transitions. In: Fabio Paternò (Hg.): *Proceedings of the 3rd ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems*. Pisa, Italy. ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction. New York: ACM, S. 95–104.

Deterding, Sebastian; Khaled, Rilla; Nacke, Lennart; Dixon, Dan (2011): Gamification. Toward a Definition. In: *CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings*, S. 12–15.

Domagk, Steffi (2008): Pädagogische Agenten in multimedialen Lernumgebungen. Empirische Studien zum Einfluss der Sympathie auf Motivation und Lernerfolg. Berlin: Logos (Wissensprozesse und digitale Medien).

Döring, Nicola; Bortz, Jürgen (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch).

Durlach, Paula J. (2012): A Road Ahead for Adaptive Training Technology. In: Paula J. Durlach und Alan M. Lesgold (Hg.): *Adaptive Technologies for Training and Education*. Cambridge u.a.: Cambridge University Press, S. 331–340.

Dweck, Carol S.; Leggett, Ellen L. (1988): A Social Cognitive Approach to Motivation and Personality. In: *Psychological Review* 95 (2), S. 256–273.

Ehlers, Ulf-D. (2004): Qualität im E-Learning aus Lernersicht. Grundlagen, Empirie und Modellkonzeption subjektiver Qualität. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Elliot, Andrew J.; McGregor, Holly A. (2001): A 2 X 2 Achievement Goal Framework. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 80 (3), S. 501–519.

Engeser, Stefan (2005): Lernmotivation und volitionale Handlungssteuerung: Eine Längsschnittuntersuchung beim Statistik Lernen im Psychologiestudium. Dissertation. Universität Potsdam, Potsdam. Institut für Psychologie.

Ennouamani, Soukaina; Mahani, Zouhir (2017): An Overview of Adaptive E-Learning Systems. In: Mohamed Roushdy, Howida Shedeed und Nagwa Badr (Hg.): 2017 IEEE Eighth International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS 2017). Cairo. Piscataway: IEEE, S. 342–347.

Fachgebiet Medienproduktion (Hg.) (2019): NanoTecLearn. E-Learning für die Aus- und Weiterbildung in der Mikro-Nano-Integration. Technische Universität Ilmenau. Online verfügbar unter <https://www.tu-ilmenau.de/mt-mp/forschung/abgeschlossene-projekte/nanoteclearn/>, zuletzt geprüft am 18.11.2020.

Friedrich, Helmut F.; Mandl, Heinz (2006): Lernstrategien: Zur Strukturierung des Forschungsfeldes. In: Heinz Mandl und Helmut F. Friedrich (Hg.): Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe, S. 1–23.

Gatzemeier, Stefanie (2019): Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Lernmotivation und Akzeptanz von E-Learning Angeboten im Hochschulkontext. Bachelorarbeit. Technische Universität Ilmenau, Ilmenau.

Gelfand, Lois A.; Mensinger, Janell L.; Tenhave, Thomas (2009): Mediation Analysis. A Retrospective Snapshot of Practice and more Recent Directions. In: *Journal of General Psychology* 136 (2), S. 153–176.

Gläser, Jochen; Laudel, Grit (2010): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Grüner, Gustav (1978): Bausteine zur Berufsschuldidaktik. Trier: Spee-Verlag.

Hannover, Bettina (2008): Lernmotivation. In: Jörg Zumbach und Heinz Mandl (Hg.): Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis. Ein fallbasiertes Lehrbuch. Göttingen u.a.: Hogrefe, S. 169–176.

Hartson, Rex; Pyla, Pardha S. (2012): The UX Book. Process and Guidelines for Ensuring a Quality User Experience. Amsterdam u.a.: Elsevier.

Hayes, Andrew F. (2013): Model Templates for PROCESS for SPSS and SAS. Online verfügbar unter <http://www.afhayes.com>, zuletzt geprüft am 18.11.2020.

Hayes, Andrew F. (2018): Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis. A Regression-Based Approach. New York, London: The Guilford Press (Methodology in the social sciences).

Heckhausen, Jutta; Heckhausen, Heinz (Hg.) (2010a): Motivation und Handeln. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer.

Heckhausen, Jutta; Heckhausen, Heinz (2010b): Motivation und Handeln: Einführung und Überblick. In: Jutta Heckhausen und Heinz Heckhausen (Hg.): Motivation und Handeln. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1–9.

Heidig, Steffi; Clarebout, Geraldine (2011): Do Pedagogical Agents make a Difference to Student Motivation and Learning? In: *Educational Research Review* 6 (1), S. 27–54.

Hochschule Kaiserslautern (Hg.) (2019): Open MINT-Labs. Video und Labore. Online verfügbar unter <https://www.openmintlabs.de/#top>, zuletzt geprüft am 18.11.2020.

- Hoffmann, Martin; Krömker, Heidi (2015): Styleguide Wissensplattform NanoTecLearn. Ilmenau: Internes Dokument des Forschungsprojekts NanoTecLearn.
- Holtzblatt, Karen; Beyer, Hugh (2016): Contextual Design. Design for Life. Cambridge: Morgan Kaufmann.
- Hu, Ying (2008): Motivation, Usability and their Interrelationships in a Self-Paced Online Learning Environment. Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg.
- Jameson, Anthony; Gajos, Krzysztof Z. (2012): Systems that Adapt to their Users. In: Julie A. Jacko (Hg.): The Human-Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications. 3. Auflage. Boca Raton u.a.: CRC (Human factors and ergonomics), S. 431–456.
- Janssen, Jürgen; Laatz, Wilfried (2017): Statistische Datenanalyse mit SPSS. Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests. 9. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.
- Keller, Fred S.; Sherman, John G. (1974): Keller Plan Handbook. Essays on a Personalized System of Instruction. Menlo Park: W. A. Benjamin.
- Keller, John M. (1987): Development and Use of the ARCS Model of Instructional Design. In: *Journal of Instructional Development* 10 (3), S. 2–10.
- Keller, John M. (2008): An Integrative Theory of Motivation, Volition and Performance. In: *Technology, Instruction, Cognition and Learning* 6 (2), S. 79–104.
- Keller, John M. (2010): Motivational Design for Learning and Performance. The ARCS Model Approach. Boston: Springer Science+Business Media, LLC.
- Keller, John M.; Suzuki, Katsuaki (2004): Learner Motivation and E-learning Design: A Multinationally Validated Process. In: *Journal of Educational Media* 29 (3), S. 229–239.
- Kerres, Michael (2013): Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote. 4. Auflage. München: Oldenbourg.
- Kim, ChanMin; Park, Seung W.; Cozart, Joe (2014): Affective and Motivational Factors of Learning in Online Mathematics Courses. In: *British Journal of Educational Technology* 45 (1), S. 171–185.
- Klassen, Robert M.; Usher, Ellen M. (2010): Self-Efficacy in Educational Settings. In: Timothy C. Urdan und Stuart A. Karabenick (Hg.): The Decade Ahead: Theoretical Perspectives on Motivation and Achievement. Bingley: Emerald (Advances in Motivation and Achievement, 16A), S. 1–34.
- Knutov, Evgeny; De-Bra, Paul; Pechenizkiy, Mykola (2009): AH 12 Years Later. A Comprehensive Survey of Adaptive Hypermedia Methods and Techniques. In: *New Review of Hypermedia and Multimedia* 15 (1), S. 5–38.
- Köhler, Nathalie (2018): Analyse des motivationalen Instruktionsdesign im E-Learning. Guideline-Inspektion der NanoTecLearn-Plattform mittels ARCS-Modell. Bachelorarbeit. Technische Universität Ilmenau, Ilmenau.
- Krapp, Andreas (1992): Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 38 (5), S. 747–770.
- Krapp, Andreas (1993): Psychologie der Lernmotivation. Perspektiven der Forschung und Probleme ihrer pädagogischen Rezeption. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 39, S. 187–206.
- Krapp, Andreas (1999): Intrinsische Lernmotivation und Interesse. Forschungsansätze und konzeptuelle Überlegungen. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 45 (3), S. 387–406.

- Krapp, Andreas (2002): Structural and Dynamic Aspects of Interest Development. Theoretical Considerations from an Ontogenetic Perspective. In: *Learning and Instruction* 12 (4), S. 383–409.
- Krapp, Andreas; Geyer, Claudia; Lewalter, Doris (2014): Motivation und Emotion. In: Tina Seidel und Andreas Krapp (Hg.): Pädagogische Psychologie. 6. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz, S. 193–222.
- Krapp, Andreas; Hascher, Tina (2014): Theorien der Lern- und Leistungsmotivation. In: Lieselotte Ahnert (Hg.): Theorien in der Entwicklungspsychologie. Berlin: Springer VS (Lehrbuch), S. 252–281.
- Krapp, Andreas; Schiefele, Ulrich; Wild, Klaus P.; Winteler, Adolf (1993): Der Fragebogen zum Studieninteresse (FSI). In: *Diagnostica* 39 (4), S. 335–351.
- Kreidl, Christian (2011): Akzeptanz und Nutzung von E-Learning-Elementen an Hochschulen. Gründe für die Einführung und Kriterien der Anwendung von E-Learning. Münster: Waxmann (Medien in der Wissenschaft).
- Krömker, Heidi; Hoffmann, Martin (2017): Zwischenbericht NanoTecLearn. Ilmenau: Interner Fortschrittsbericht des Forschungsprojekts NanoTecLearn.
- Krömker, Heidi; Hoffmann, Martin; Huntemann, Nadja (2017): Wissensstrukturierung für das Lernen in den Ingenieurwissenschaften. In: Gudrun Kammasch, Henning Klaffke und Sönke Knutzen (Hg.): Technische Bildung im Spannungsfeld zwischen beruflicher und akademischer Bildung: Die Vielfalt der Wege zu technischer Bildung. Referate der 11. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung an der Technischen Universität Hamburg vom 23.-25. Juni 2016. Berlin, S. 101–108.
- Krueger, Richard A.; Casey, Mary A. (2015): Focus Groups. A Practical Guide for Applied Research. Thousand Oaks: SAGE.
- Kuckartz, Udo (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagenmethoden).
- Küfner, Birgit (2010): Einsatz von kooperativen Lernformen in eLearning-Szenarien und deren Auswirkung auf Motivation und Akzeptanz. Dissertation. Universität Hamburg, Hamburg. Fachbereich Erziehungswissenschaften.
- Kuhl, Julius (2010): Individuelle Unterschiede in der Selbststeuerung. In: Jutta Heckhausen und Heinz Heckhausen (Hg.): Motivation und Handeln. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 337–363.
- Lakens, Daniël (2013): Calculating and Reporting Effect Sizes to Facilitate Cumulative Science. A Practical Primer for t-tests and ANOVAs. In: *Frontiers in psychology* 4 (863), S. 1–12.
- Landmann, Meike; Perels, Franziska; Otto, Barbara; Schnick-Vollmer, Kathleen; Schmitz, Bernhard (2015): Selbstregulation und selbstregulierte Lernen. In: Elke Wild und Jens Möller (Hg.): Pädagogische Psychologie. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, S. 45–65.
- Laugwitz, Bettina; Held, Theo; Schrepp, Martin (2008): Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. In: Andreas Holzinger (Hg.): HCI and Usability for Education and Work. 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society, USAB 2008, Graz, Austria, November 20 - 21, 2008. Berlin, Heidelberg: Springer (Lecture notes in computer science), S. 63–76.
- LearningApps (2020): LearningApps.org - interaktive und multimediale Lernbausteine. Hg. v. Verein LearningApps - interaktive Lernbausteine. Online verfügbar unter <https://learningapps.org/createApp.php>, zuletzt geprüft am 18.11.2020.

- Lee, Jung; Park, Ok-Choon (2008): Adaptive Instructional Systems. In: J. Michael Spector, M. David Merrill, Jeroen J. G. van Merriënboer und Marcy P. Driscoll (Hg.): *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. 3. Auflage. New York u.a.: Lawrence Erlbaum Associates, S. 469–484.
- Lehner, Martin (2012): *Didaktische Reduktion*. Bern, Stuttgart: Haupt; UTB.
- Leutner, Detlev (2004): Instructional Design Principles for Adaptivity in Open Learning Environments. In: Norbert M. Seel und Sanne Dijkstra (Hg.): *Curriculum, Plans, and Processes in Instructional Design. International Perspectives*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, S. 289–307.
- Leutner, Detlev (2009): Adaptivität und Adaptierbarkeit beim Online-Lernen. In: Ludwig J. Issing (Hg.): *Online-Lernen. Handbuch für Wissenschaft und Praxis*. München: Oldenbourg, S. 115–123.
- Linnenbrink, Elizabeth A. (2007): The Role of Affect in Student Learning: A Multi-Dimensional Approach to Considering the Interaction of Affect, Motivation and Engagement. In: Paul A. Schutz und Reinhard Pekrun (Hg.): *Emotion in Education*. Amsterdam, Boston: Elsevier Academic Press (Educational psychology series), S. 107–124.
- Low, Renae; Putai, Jin (2009): Motivation and Multimedia Learning. In: Renae Low (Hg.): *Cognitive Effects of Multimedia Learning*. Hershey: IGI Global, S. 154–172.
- MacKinnon, David P. (2008): *Introduction to Statistical Mediation Analysis*. New York, London: Lawrence Erlbaum Associates (Multivariate applications series).
- Masthoff, Judith (2006): The User as Wizard. A Method for early Involvement in the Design and Evaluation of Adaptive Systems. In: Stephan Weibelzahl, Alexandros Paramythios und Judith Masthoff (Hg.): *Fifth Workshop on User-Centered Design and Evaluation of Adaptive Systems. 4th International Conference on Adaptive Hypermedia & Adaptive Web-based Systems (AH06)*, S. 460–469.
- Mayhew, Deborah J. (1999): *The Usability Engineering Lifecycle. A Practitioner's Handbook for User Interface Design*. San Francisco: Kaufmann (The Morgan Kaufmann series in interactive technologies).
- Mayring, Philipp (2015): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 12. überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz (Beltz Pädagogik).
- McClelland, David C. (1987): Biological Aspects of Human Motivation. In: Frank Halisch und Julius Kuhl (Hg.): *Motivation, Intention, and Volition*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 11–19.
- Mikowski, Michael S.; Powell, Josh C. (2014): *Single Page Web Applications. JavaScript End-to-End*. Shelter Island: Manning.
- Mödritscher, Felix (2007): Implementation and Evaluation of Pedagogical Strategies in Adaptive E-Learning Environments. Dissertation. Technische Universität Graz, Graz. Institute for Information Systems and Computer Media.
- Müller, Florian H.; Hanfstingl, Barbara; Andreitz, Irina (2007): Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern. Adaptierte und ergänzte Version des Academic Self-Regulation Questionnaire (SRQ-A) nach Ryan & Conell. Wissenschaftliche Beiträge aus dem Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung (IUS), Nr. 1. Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Klagenfurt. Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung.
- Müller-Böling, Detlef; Müller, Michael (1986): *Akzeptanzfaktoren der Bürokommunikation*. München, Wien: Oldenbourg (Fachberichte und Referate).

Mulwa, Catherine; Lawless, Seamus; Sharp, Mary; Arnedillo-Sanchez, Inmaculada; Wade, Vincent (2010): Adaptive Educational Hypermedia Systems in Technology Enhanced Learning. In: Michael Stinson (Hg.): Proceedings of the 2010 ACM Conference on Information Technology Education. Midland, Michigan, 07.10.-09.10.2010. ACM Special Interest Group on Information Technology Education. New York: ACM, S. 73–84.

Nerdinger, Friedemann W. (1995): David McClelland: Die Motivationsstudien. In: Uwe Flick, Ernst von Kardorff und Heiner Keupp (Hg.): Handbuch qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen. 2. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz (Grundlagen Psychologie), S. 131–134.

Nerdinger, Friedemann W. (2008): Leistungsmotivation. In: Jörg Zumbach und Heinz Mandl (Hg.): Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis. Ein fallbasiertes Lehrbuch. Göttingen u.a.: Hogrefe, S. 229–236.

Nicholls, John G. (1984): Achievement Motivation. Conceptions of Ability, Subjective Experience, Task Choice, and Performance. In: *Psychological Review* 91 (3), S. 328–346.

Niegemann, Helmut M.; Domagk, Steffi; Hessel, Silvia; Hein, Alexandra; Hupfer, Matthias; Zobel, Annett (2008): Kompendium multimediales Lernen. Berlin u.a.: Springer (X.media.press).

Olbrecht, Thomas (2010): Akzeptanz von E-Learning. Eine Auseinandersetzung mit dem Technologieakzeptanzmodell zur Analyse individueller und sozialer Einflussfaktoren. Dissertation. Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena. Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften.

Paramythis, Alexandros; Weibelzahl, Stephan; Masthoff, Judith (2010): Layered Evaluation of Interactive Adaptive Systems: Framework and Formative Methods. In: *User Modeling and User-Adapted Interaction* 20 (5), S. 383–453.

Parcus de Koch, Nora (2001): Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems. Reference Model, Modeling Techniques and Development Process. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. Fakultät Mathematik und Information.

Park, Ok-Choon; Pérez, Ray; Seidel, Robert (1987): Intelligent CAI: Old Wine in New Bottles, or a New Vintage? In: Greg P. Kearsley (Hg.): Artificial Intelligence and Instruction. Applications and Methods. Reading: Addison-Wesley, S. 11–45.

Pearl, Judea (1988): Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems. Networks of Plausible Inference. San Francisco: Morgan Kaufmann.

Peissner, Matthias; Edlin-White, Rob (2013): User Control in Adaptive User Interfaces for Accessibility. In: Paula Kotzé, Gary Marsden, Gitte Lindgaard, Janet Wesson und Marco Winckler (Hg.): Human-Computer Interaction - INTERACT 2013. 14th IFIP TC 13 international conference, Cape Town, South Africa, 02.09.-06.09.2013 ; Proceedings, Part III. Berlin: Springer (Lecture notes in computer science), S. 623–640.

Popescu, Elvira (2008): Dynamic Adaptive Hypermedia Systems for E-Learning. Dissertation. Université de Technologie de Compiègne, Compiègne.

Popp, Maren (2019): Experimentelle Untersuchung der Motivationsförderlichkeit von Lernvideos. Bachelorarbeit. Technische Universität Ilmenau, Ilmenau.

Prenzel, Manfred (1988): Die Wirkungsweise von Interesse. Ein pädagogisch-psychologisches Erklärungsmodell. Opladen: Westdeutscher Verlag (Beiträge zur psychologischen Forschung).

Pruitt, John S.; Adlin, Tamara (2006): The Persona Lifecycle. Keeping People in Mind Throughout Product Design. Amsterdam, Boston: Elsevier (The Morgan Kaufmann series in interactive technologies).

Rauschenberger, Maria; Schrepp, Martin; Thomaschewski, Jörg (2013): User Experience mit Fragebögen messen - Durchführung und Auswertung am Beispiel des UEQ. In: Henning Brau, Andreas Lehmann, Kostanija Petrovic und Matthias C. Schroeder (Hg.): Tagungsband UP13. Usability Professionals. Stuttgart, S. 72–76.

Rheinberg, Falko (1989): Zweck und Tätigkeit. Motivationspsychologische Analysen zur Handlungsveranlassung. Göttingen: Hogrefe (Motivationsforschung).

Rheinberg, Falko (2010): Intrinsische Motivation und Flow-Erleben. In: Jutta Heckhausen und Heinz Heckhausen (Hg.): Motivation und Handeln. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 365–387.

Rheinberg, Falko; Fries, Stefan (1998): Förderung der Lernmotivation. Ansatzpunkte, Strategien und Effekte. In: *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 45 (3), S. 168–184.

Rheinberg, Falko; Vollmeyer, Regina (2018): Motivation. 9. Auflage. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer (Kohlhammer-Urban-Taschenbücher).

Rheinberg, Falko; Vollmeyer, Regina; Burns, Bruce D. (2001): FAM. Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. In: *Diagnostica* 47 (2), S. 57–66.

Rheinberg, Falko; Vollmeyer, Regina; Rollett, Wolfram (2000): Motivation and Action in Self-Regulated Learning. In: Monique Boekaerts, Paul R. Pintrich und Moshe Zeidner (Hg.): Handbook of Self-Regulation. San Diego u.a.: Academic Press, S. 503–529.

Roduner, Katrin; Venetz, Martin; Aellig, Steff; Pfister, Regula; Schallberger, Urs (2001): Anleitung zum Arbeiten mit der Experience Sampling Method (ESM). Ein Leitfaden für Forschende. Arbeitsberichte aus dem Projekt: "Qualität des Erlebens in Arbeit und Freizeit", Nr. 4. Universität Zürich, Zürich. Psychologisches Institut.

Rovai, Alfred P.; Ponton, Michael K.; Wighting, Mervyn J.; Baker, Jason D. (2007): A Comparative Analysis of Student Motivation in Traditional Classroom and E-Learning Courses. In: *International Journal on E-Learning* 6 (3), S. 413–432.

Rubin, Jeffrey; Chisnell, Dana (2008): Handbook of Usability Testing. How to Plan, Design and Conduct Effective Tests. Indianapolis: Wiley.

Russell, James A. (1980): A Circumplex Model of Affect. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 39 (6), S. 1161–1178.

Ryan, Richard; Deci, Edward (2002): An Overview of Self-Determination Theory: An Organismic Dialectical Perspective. In: Edward L. Deci und Richard M. Ryan (Hg.): Handbook of Self-Determination Research. Rochester: University of Rochester Press, S. 3–36.

Ryan, Richard M.; Connell, James P. (1989): Perceived Locus of Causality and Internalization: Examining Reasons for Acting in Two Domains. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 57 (5), S. 749–761.

Ryan, Richard M.; Deci, Edward L. (2000): Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development and Well-Being. In: *American Psychologist* 55 (1), S. 68–78.

Ryan, Richard M.; Deci, Edward L. (2009): Promoting Self-Determined School Engagement. In: Kathryn Wentzel und Allan Wigfield (Hg.): Handbook of Motivation at School. New York u.a.: Routledge (Educational psychology handbook series), S. 171–195.

Schallberger, Urs (2005): Kurzskalen zur Erfassung der Positiven Aktivierung, Negativen Aktivierung und Valenz in Experience Sampling Studien (PANAVA-KS). Theoretische und methodische Grundlagen, Konstruktvalidität und psychometrische Eigenschaften bei der Beschreibung intra- und interindividueller Unterschiede. Forschungsberichte aus dem Projekt: "Qualität des Erlebens in Arbeit und Freizeit" Untersuchungen mit der Experience Sampling Method, Nr. 6. Universität Zürich, Zürich. Psychologisches Institut.

Schell, Jesse (2016): Die Kunst des Game Designs. Bessere Games konzipieren und entwickeln. 2. Auflage. Frechen: mitp.

Scherer, Klaus R. (2001): Appraisal Considered as a Process of Multi-Level Sequential Checking. In: Klaus R. Scherer, Angela Schorr und Tom Johnstone (Hg.): Appraisal Processes in Emotion. Theory, Methods, Research. Oxford, New York: Oxford University Press (Series in affective science), S. 92–129.

Scherer, Klaus R. (2005): What are Emotions? And how Can they be Measured? In: *Social Science Information* 44 (4), S. 695–729.

Schiefele, Hans (1974): Lernmotivation und Motivlernen. Grundzüge einer erziehungswissenschaftlichen Motivationslehre. München: Ehrenwirth.

Schiefele, Ulrich (1996): Motivation und Lernen mit Texten. Göttingen: Hogrefe.

Schiefele, Ulrich (2009): Situational and Individual Interest. In: Kathryn Wentzel und Allan Wigfield (Hg.): Handbook of Motivation at School. New York u.a.: Routledge (Educational psychology handbook series), S. 197–222.

Schiefele, Ulrich; Schaffner, Ellen (2015): Motivation. In: Elke Wild und Jens Möller (Hg.): Pädagogische Psychologie. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, S. 153–175.

Schiefele, Ulrich; Sierwald, Wolfgang; Winteler, Adolf (1988): Interesse, Leistung und Wissen: Die Erfassung von Studieninteresse und seine Bedeutung für Studienleistung und fachbezogenes Wissen. In: *Zeitschrift zu Theorie und Praxis erziehungswissenschaftlicher Forschung* 2 (3), S. 227–250.

Schiefele, Ulrich; Urhahne, Detlef (2000): Motivationale und volitionale Bedingungen der Studienleistung. In: Ulrich Schiefele und Klaus P. Wild (Hg.): Interesse und Lernmotivation. Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung. Münster u.a.: Waxmann, S. 183–205.

Schmidt-Atzert, Lothar (2000): Struktur der Emotionen. In: Jürgen H. Otto, Harald A. Euler und Heinz Mandl (Hg.): Emotionspsychologie. Ein Handbuch. Weinheim, Basel: Beltz PVU, S. 30–44.

Schneider, Oliver; Martens, Thomas; Bauer, Mathias; Ott-Kroner, Alexandra; Dick, Uwe; Dorochevsky, Michel (2017): SensoMot - Sensorische Erfassung von Motivationsindikatoren zur Steuerung adaptiver Lerninhalte. In: Christoph Igel, Carsten Ullrich und Martin Wessner (Hg.): Bildungsräume. DeLF 2017 - Die 15. e-Learning Fachtagung Informatik. Bonn: Gesellschaft für Informatik (GI-Edition - lecture notes in informatics (LNI) Proceedings), S. 267–272.

Schrepp, Martin (2017): User Experience Questionnaire Handbook. All you Need to Know to Apply the UEQ Successfully in your Projects. Version 3.

Schuh, Michael; Schürmann, Susanne; Kibedi von Varga, Karen (2013): Lehramt Sozialwissenschaften. Warum wählen Studierende dieses Fach? In: *Zeitschrift für ökonomische Bildung* (2), S. 1–16.

Schulmeister, Rolf (2007): Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie - Didaktik - Design. 4. Auflage. München, Wien: Oldenbourg.

Schulz, Marlen; Mack, Birgit; Renn, Ortwin (Hg.) (2012): Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft. Von der Konzeption bis zur Auswertung. Wiesbaden: Springer VS.

Schulze, Katrin (2012): Engineering the User Experience of Web Products. Development of a Framework to Support UX Centered Software Engineering. Dissertation. Technische Universität Ilmenau, Ilmenau.

Schunk, Dale H.; Pajares, Frank (2009): Self-Efficacy Theory. In: Kathryn Wentzel und Allan Wigfield (Hg.): Handbook of Motivation at School. New York u.a.: Routledge (Educational psychology handbook series), S. 35–53.

Schunk, Dale H.; Usher, Ellen L. (2011): Assessing Self-Efficacy for Self-Regulated Learning. In: Barry J. Zimmerman und Dale H. Schunk (Hg.): Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance. New York u.a.: Routledge (Educational psychology handbook series), S. 282–297.

Seufert, Sabine; Euler, Dieter (2004): Nachhaltigkeit von eLearning-Innovationen. Ergebnisse einer Delphi-Studie. St. Gallen: Universitätsverlag (SCIL-Arbeitsbericht).

Shute, Valeria J.; Zapata-Rivera, Diego (2012): Adaptive Educational Systems. In: Paula J. Durlach und Alan M. Lesgold (Hg.): Adaptive Technologies for Training and Education. Cambridge u.a.: Cambridge University Press, S. 7–27.

Shute, Valerie; Towle, Brendon (2003): Adaptive E-Learning. In: *Educational Psychologist* 38 (2), S. 105–114.

Simon, Bernd (2001): Wissensmedien im Bildungssektor. Eine Akzeptanzuntersuchung an Hochschulen. Dissertation. Wirtschaftsuniversität Wien, Wien. Betriebswirtschaftslehre.

Simpleclub (Hg.) (2020a): Chemie - simpleclub. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/user/TheSimpleChemics>, zuletzt geprüft am 18.11.2020.

Simpleclub (Hg.) (2020b): Physik - simpleclub. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/channel/UCSYXOPxUAOPIDjjJpsr7aZQ>, zuletzt geprüft am 18.11.2020.

Simschek, Roman; Kia, Sahar (2017): Erklärvideos - einfach erfolgreich. Konstanz, München: UVK.

Song, Sang H.; Keller, John M. (2001): Effectiveness of Motivationally Adaptive Computer-Assisted Instruction on the Dynamic Aspects of Motivation. In: *Educational Technology Research and Development* 49 (2), S. 5–22.

Straka, Gerald A. (2006): Lernstrategien in Modellen des selbst gesteuerten Lernens. In: Heinz Mandl und Helmut F. Friedrich (Hg.): Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe, S. 390–404.

Streiner, David L. (2003): Starting at the Beginning. An Introduction to Coefficient Alpha and Internal Consistency. In: *Journal of Personality Assessment* 80 (1), S. 99–103.

Tarnutzer, Rupert (2016): Aktuelle Motivation im integrativen Unterricht. Ein mehrebenenanalytischer Vergleich von Lernenden mit und ohne Schulleistungsschwäche. In: *Empirische Sonderpädagogik* (3), S. 207–224.

Technische Universität Ilmenau (2020): Daten, Fakten, Zahlen. Die TU Ilmenau in Zahlen. Online verfügbar unter <https://www.tu-ilmenau.de/universitaet/wir-ueber-uns/daten-fakten-zahlen/>, zuletzt geprüft am 18.11.2020.

Tennyson; Robert D.; Christensen, Dean L. (1988): MAIS: An Intelligent Learning System. In: David H. Jonassen (Hg.): Instructional Designs for Microcomputer Courseware. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, S. 247–274.

Totterdell, Peter; Boyle, Elizabeth (1990): The Evaluation of Adaptive Systems. In: Dermot Browne, Peter Totterdell und Mike Norman (Hg.): Adaptive User Interfaces. London: Academic Press, S. 161–194.

- Usher, Ellen L.; Morris, David B. (2012): Academic Motivation. In: Norbert M. Seel (Hg.): Encyclopedia of the Sciences of Learning. New York: Springer, S. 36–39.
- Vallerand, Robert J.; Fortier, Michelle S.; Guay, Frédéric (1997): Self-Determination and Persistence in a Real-Life Setting: Toward a Motivational Model of High School Dropout. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 72 (5), S. 1161–1176.
- van Merriënboer, Jeroen J. G.; Kester, Liesbeth (2014): The Four-Component Instructional Design Model. Multimedia Principles in Environments for Complex Learning. In: Richard E. Mayer (Hg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Second edition. New York: Cambridge University Press (Cambridge handbooks in psychology), S. 104–148.
- Vansteenkiste, Maarten; Niemiec, Christopher P.; Soenens, Bart (2010): The Development of the Five Mini-Theories of Self-Determination Theory: A Historical Overview, Emerging Trends and Future Directions. In: Timothy C. Urdan und Stuart A. Karabenick (Hg.): The Decade Ahead: Theoretical Perspectives on Motivation and Achievement. Bingley: Emerald (Advances in Motivation and Achievement, 16A), S. 105–166.
- Venkatesh, Viswanath; Davis, Fred (2000): A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model. Four Longitudinal Field Studies. In: *Management Science* 46, S. 186–204.
- Vollmeyer, Regina; Rheinberg, Falko (2003): Aktuelle Motivation und Motivation im Lernverlauf. In: Joachim Stiensmeier-Pelster und Falko Rheinberg (Hg.): Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept. Göttingen: Hogrefe (Tests und Trends in der pädagogisch-psychologischen Diagnostik), S. 281–296.
- Watson, David; Tellegen, Auke (1985): Toward a Consensual Structure of Mood. In: *Psychological Bulletin* 98 (2), S. 219–235.
- Webers, Marie J. (2019): Analyse der Motivationsförderlichkeit Gamification-optimierter E-Learning Angebote. Fallstudie: Selbstreguliertes Lernen einer Programmiersprache mit Codecademy. Bachelorarbeit. Technische Universität Ilmenau, Ilmenau.
- Weibelzahl, Stephan (2003): Evaluation of Adaptive Systems. Dissertation. Pädagogische Hochschule Freiburg, Freiburg. Human and Machine Intelligence.
- Wigfield, Allan; Cambria, Jenna (2010): Expectancy-Value Theory: Retrospective and Prospective. In: Timothy C. Urdan und Stuart A. Karabenick (Hg.): The Decade Ahead: Theoretical Perspectives on Motivation and Achievement. Bingley: Emerald (Advances in Motivation and Achievement, 16A), S. 35–70.
- Wigfield, Allan; Tonks, Stephen; Lutz Klauda, Susan (2009): Expectancy-Value Theory. In: Kathryn Wentzel und Allan Wigfield (Hg.): Handbook of Motivation at School. New York u.a.: Routledge (Educational psychology handbook series), S. 55–75.
- Wild, Elke; Hofer, Manfred; Pekrun, Reinhart (2001): Psychologie des Lernens. In: Andreas Krapp und Bernd Weidenmann (Hg.): Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch. 4. Auflage. Weinheim: Beltz PVU, S. 207–270.
- Wilde, Matthias; Bätz, Katrin; Kovaleva, Anastassiya; Urhahne, Detlef (2009): Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 15, S. 31–45.
- Wirtz, Markus; Nachtigall, Christof (2004): Deskriptive Statistik. Statistische Methoden für Psychologen Teil 1. Weinheim, München: Juventa.
- Wolters, Christopher A. (2003): Regulation of Motivation. Evaluating an Underemphasized Aspect of Self-Regulated Learning. In: *Educational Psychologist* 38 (4), S. 189–205.

Zander, Steffi; Heidig, Steffi (2018): Motivationsdesign bei der Konzeption multimedialer Lernumgebungen. In: Helmut M. Niegemann und Armin Weinberger (Hg.): Lernen mit Bildungstechnologien. Praxisorientiertes Handbuch zum intelligenten Umgang mit digitalen Medien. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer Reference Psychologie), S. 1–23.

Zentner, Marcel; Scherer, Klaus R. (2000): Partikuläre und integrative Ansätze. In: Jürgen H. Otto, Harald A. Euler und Heinz Mandl (Hg.): Emotionspsychologie. Ein Handbuch. Weinheim, Basel: Beltz PVU, S. 151–164.

Zimmerman, Barry J. (2000): Attaining Self-Regulation: A Social-Cognitive Perspective. In: Monique Boekaerts, Paul R. Pintrich und Moshe Zeidner (Hg.): Handbook of Self-Regulation. San Diego u.a.: Academic Press, S. 13–39.

Zimmerman, Barry J. (2011): Motivational Sources and Outcomes of Self-Regulated Learning and Performance. In: Barry J. Zimmerman und Dale H. Schunk (Hg.): Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance. New York u.a.: Routledge (Educational psychology handbook series), S. 49–64.

Zumbach, Jörg (2010): Lernen mit neuen Medien. Instruktionspsychologische Grundlagen. Stuttgart: Kohlhammer (Pädagogische Psychologie).

Anhang

A1 Motivationsstudie 1

A1.1 Fragebogen und Leitfadeninterview der Motivationsstudie 1

Zu Beginn des Fragebogens wollen wir Sie bitten, ein paar Angaben zu Ihrer Person zu machen.

Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.

- Männlich
- Weiblich

Bitte geben Sie Ihr Alter an. _____

Bitte geben Sie Ihren Studiengang an.

- Biomedizinische Technik
- Biotechnische Chemie
- Elektrotechnik und Informationstechnik
- Maschinenbau
- Mechatronik
- Micro- und Nanotechnologies
- Miniaturisierte Biotechnologie
- Optronik
- Technische Physik
- Werkstoffwissenschaft
- Wirtschaftsingenieurwesen
- Sonstiges

Bitte geben Sie Ihren angestrebten Abschluss an.

- Bachelor
- Master

In welchem Fachsemester befinden Sie sich? _____

Zunächst soll Ihr Vorwissen im Bereich Mikrotechnik überprüft werden.

Haben Sie bereits Vorwissen im Bereich Mikrotechnik?

- Ja
- Nein

Bitte füllen Sie nun den Ihnen vorliegenden Vorwissenstest aus.

Bevor Sie damit starten, tragen Sie bitte die darauf stehende Nummer (oben rechts) hier ein _____

Bitte kreuzen Sie an, inwiefern die folgenden Aussagen auf Sie zutreffen.

	Stimme gar nicht zu	Stimme eher nicht zu	Teils/Teils	Stimme eher zu	Stimme voll zu
Ich werde in der Lage sein, die meisten Ziele, die ich mir selbst gesetzt habe, zu erreichen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im Angesicht schwieriger Aufgaben bin ich mir sicher, dass ich diese bewältigen kann.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Generell denke ich, dass ich Ergebnisse erreichen kann, die mir wichtig sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich denke, dass ich die meisten Unterfangen, auf die ich meine Gedanken richte, erfolgreich bewältigen kann.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich werde in der Lage sein, die meisten Herausforderungen erfolgreich zu bewältigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bin zuversichtlich, dass ich bei verschiedenen Aufgaben gut abschneiden werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verglichen mit anderen erfülle ich die meisten Aufgaben sehr gut.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Selbst bei Schwierigkeiten kann ich Aufgaben gut ausführen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sie werden nachfolgende mit der NanoTecLearn Plattform ein Kapitel zum Thema „**Wechselwirkungen an Grenzflächen**“ bearbeiten. Dazu werden Sie verschiedene Texte lesen und anschließend interaktive Aufgaben lösen. Nach Beendigung wird Ihr Wissensstand in Form eines Abschlusstests überprüft.

Bitte kreuzen Sie an, inwiefern die folgenden Aussagen auf Sie zutreffen.

Es gibt keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort. Ihre persönliche Meinung zählt!

Vor Beginn der Bearbeitung soll zunächst Ihre aktuelle Motivation erfasst werden. Bitte kreuzen Sie an, inwiefern die folgenden Aussagen auf Sie zutreffen.

	Trifft überhaupt nicht zu	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Teils/ teils	Trifft eher zu	Trifft zu	Trifft voll zu
Wahrscheinlich werde ich diese Aufgabe nicht schaffen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, den Schwierigkeiten dieser Aufgabe gewachsen zu sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diese Art von Aufgaben ist sehr interessant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei dieser Aufgabe/Fragestellung mag ich die Rolle des Lernenden, der Zusammenhänge entdeckt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich mag solche Aufgaben und/oder Fragestellungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, das kann jeder schaffen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es wäre mir etwas peinlich hier zu versagen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich fühle mich unter Druck, jetzt gut abschneiden zu müssen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich diese Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Leistung sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diese Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bin fest entschlossen, mich voll anzustrengen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich zureckkommen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bitte bearbeiten Sie auf der NanoTecLearn Plattform das Kapitel „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ bezüglich der Inhalte „Orientierung“, „Theorie“ sowie „Interaktion“. Der Teil „Interaktion“ setzt sich zusammen aus den Proben „Stark benetzende Oberfläche“ und „Weniger stark benetzende Oberfläche“ und der Formel „Benetzung“. Wie bereits erläutert, wird nach Beendigung der Bearbeitung Ihr Wissensstand in Form eines Abschlusstests überprüft. Für die Bearbeitung der Inhalte des Kapitels haben Sie ca. 40-45 Minuten Zeit. Nach Beendigung der Abschnitte „Orientierung“ und „Theorie“ sowie „Interaktion“ werden Sie jeweils zu Ihrem aktuellen Befinden befragt. Bitte nehmen Sie sich nach Beendigung der genannten Abschnitte jeweils einen Fragebogen und kreuzen Sie jeweils pro Adjektivpaar das für Sie zutreffende Befinden an. Bitte antworten Sie spontan. Vor der Bearbeitung wird nun zunächst Ihr aktuelles Befinden erfragt.

Wie fühlen Sie sich im Moment?

Zufrieden	<input type="radio"/>	Unzufrieden						
Energiegeladen	<input type="radio"/>	Energielos						
Gestresst	<input type="radio"/>	Entspannt						
Müde	<input type="radio"/>	Hellwach						
Friedlich	<input type="radio"/>	Verärgert						
Unglücklich	<input type="radio"/>	Glücklich						
Lustlos	<input type="radio"/>	Hoch motiviert						
Ruhig	<input type="radio"/>	Nervös						
Begeistert	<input type="radio"/>	Gelangweilt						
Besorgt	<input type="radio"/>	Sorgenfrei						

Bitte bearbeiten Sie nun die Abschnitte „Orientierung“ und „Theorie“ auf der NanoTecLearn Plattform. Wenn Sie diese abgeschlossen haben, drücken Sie bitte auf weiter.

Wie fühlen Sie sich nach Bearbeitung der Abschnitte „Orientierung“ und „Theorie“?

Zufrieden	<input type="radio"/>	Unzufrieden						
Energiegeladen	<input type="radio"/>	Energielos						
Gestresst	<input type="radio"/>	Entspannt						
Müde	<input type="radio"/>	Hellwach						
Friedlich	<input type="radio"/>	Verärgert						
Unglücklich	<input type="radio"/>	Glücklich						
Lustlos	<input type="radio"/>	Hoch motiviert						
Ruhig	<input type="radio"/>	Nervös						
Begeistert	<input type="radio"/>	Gelangweilt						
Besorgt	<input type="radio"/>	Sorgenfrei						

Bitte bearbeiten Sie in dem Abschnitt „**Interaktion**“ auf der **NanoTecLearn Plattform** die Proben „**Stark benetzende Oberfläche**“ und „**Weniger stark benetzende Oberfläche**“. Wenn Sie diese abgeschlossen haben, drücken Sie bitte auf weiter.

Wie fühlen Sie sich nach Bearbeitung der interaktiven Proben „**Stark benetzende Oberfläche**“ und „**Weniger stark benetzende Oberfläche**“?

Zufrieden	<input type="radio"/>	Unzufrieden						
Energiegeladen	<input type="radio"/>	Energielos						
Gestresst	<input type="radio"/>	Entspannt						
Müde	<input type="radio"/>	Hellwach						
Friedlich	<input type="radio"/>	Verärgert						
Unglücklich	<input type="radio"/>	Glücklich						
Lustlos	<input type="radio"/>	Hoch motiviert						
Ruhig	<input type="radio"/>	Nervös						
Begeistert	<input type="radio"/>	Gelangweilt						
Besorgt	<input type="radio"/>	Sorgenfrei						

Bitte bearbeiten Sie in dem Abschnitt „**Interaktion**“ auf der **NanoTecLearn Plattform** die interaktive Formel „**Benetzung**“. Wenn Sie diesen abgeschlossen haben, drücken Sie bitte auf weiter.

Wie fühlen Sie sich nach Bearbeitung der interaktiven Formel „**Benetzung**“?

Zufrieden	<input type="radio"/>	Unzufrieden						
Energiegeladen	<input type="radio"/>	Energielos						
Gestresst	<input type="radio"/>	Entspannt						
Müde	<input type="radio"/>	Hellwach						
Friedlich	<input type="radio"/>	Verärgert						
Unglücklich	<input type="radio"/>	Glücklich						
Lustlos	<input type="radio"/>	Hoch motiviert						
Ruhig	<input type="radio"/>	Nervös						
Begeistert	<input type="radio"/>	Gelangweilt						
Besorgt	<input type="radio"/>	Sorgenfrei						

Bitte füllen Sie nun den Ihnen vorliegenden Abschlusstest aus.

Nach Beendigung der Lernaufgabe und des Abschlusstests möchten wir Sie bitten, die Arbeit mit der NanoTecLearn Plattform zu bewerten. Bitte kreuzen Sie Zutreffendes jeweils an.

	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Teils/Teils	Trifft eher zu	Trifft völlig zu
Als ich zum ersten Mal auf die E-Learning Plattform geschaut habe, hatte ich den Eindruck, dass das Material schnell verständlich für mich sein würde. Die E-Learning Plattform konnte zu Beginn direkt meine Aufmerksamkeit gewinnen.	<input type="radio"/>				
Nach Beenden des Abschlusstests der E-Learning Plattform hatte ich ein befriedigendes Gefühl bezüglich der Aufgabenerfüllung.	<input type="radio"/>				
Mir ist bewusst, wie die Inhalte der E-Learning Plattform an mein Vorwissen angeknüpft haben.	<input type="radio"/>				
Das E-Learning Material ist visuell ansprechend.	<input type="radio"/>				
Die Aufgaben des Abschlusstests der E-Learning Plattform erfolgreich zu beenden, war mir sehr wichtig.	<input type="radio"/>				
Die Qualität der Textformulierung half mir stets, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten.	<input type="radio"/>				
Als ich mit der E-Learning Plattform gearbeitet habe, war ich sehr zuversichtlich, dass ich die Inhalte erlernen kann.	<input type="radio"/>				
Ich habe das Erlernen der Inhalte mithilfe der E-Learning Plattform so genossen, dass ich noch mehr über das Thema Mikrotechnik erfahren möchte.	<input type="radio"/>				
Bezüglich meiner Interessen ist das E-Learning Material sehr relevant.	<input type="radio"/>				
Die Anordnung der Inhalte auf der E-Learning Plattform half mir dabei, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten.	<input type="radio"/>				
Nachdem ich eine Weile mit der E-Learning Plattform gearbeitet habe, war ich sehr zuversichtlich, dass ich den Abschlusstest bestehen würde.	<input type="radio"/>				
Die Inhalte der E-Learning Plattform waren für mich nicht relevant, da ich über die meisten Inhalte bereits Bescheid wusste.	<input type="radio"/>				
Die Vielfalt an Lehrtexten, Abbildungen und interaktiven Elementen erleichterte es mir, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten.	<input type="radio"/>				
Es hat sich sehr gut angefühlt, den Abschlusstest der E-Learning Plattform zu beenden.	<input type="radio"/>				
Die Inhalte der E-Learning Plattform konnte ich nicht richtig verstehen.	<input type="radio"/>				
Es hat mir sehr viel Spaß gemacht, mit einer so gut gestalteten E-Learning Plattform zu arbeiten.	<input type="radio"/>				

Vielen Dank für Ihre Teilnahme. Bitte gehen Sie nun zu Ihrem Versuchsleiter für ein abschließendes Kurzinterview und um Ihr Probandenhonorar abzuholen.

Herzlichen Dank für die Teilnahme an der Untersuchung.

Abschließend möchten wir Sie gerne noch zu Eindrücken und Problemen, die während der Untersuchung aufgetreten sind, befragen.

1. Wie gut hat Ihnen das Lernen mit der E-Learning-Plattform NanoTecLearn gefallen?

1.1 Gab es während der Bearbeitung besondere Zeitpunkte/Situationen, in denen Sie eine „Verbesserung“ Ihrer Lernmotivation bemerkt haben?

1.2 Benennen Sie zudem Gründe, wie z.B. bestimmte Inhalte, Präsentationsformen, Formen der Informationsvermittlung, Nutzerführung, persönliche Gründe etc.

2. An welchen Stellen haben Sie sich während des Lernens gelangweilt?

2.1 Gab es während der Bearbeitung besondere Zeitpunkte/Situationen, in denen Sie eine „Verschlechterung“ Ihrer Lernmotivation bemerkt haben?

2.2 Benennen Sie zudem Gründe, wie z.B. bestimmte Inhalte, Präsentationsformen, Formen der Informationsvermittlung, Nutzerführung, persönliche Gründe etc.

3. Wenn Sie NanoTecLearn verbessern könnten, was würden Sie verändern?

**3.1 Zu welchen Systemreaktionen sollte die NanoTecLearn-Plattform in der Lage sein, um Ihre Lernmotivation wieder zu steigern?
(z.B. Anzeigen von Zusatzinformationen, Angebot alternativer Lern- bzw. Vermittlungsformen, Veränderung der Informationsvisualisierung, Hinweise zum Schwierigkeitsgrad oder Vorwissen, etc.)**

3.2 Gibt es sonst noch Anmerkungen, die Sie uns gerne mitteilen möchten?

A1.2 Vorwissen- und Abschlusstest

Vorwissenstest „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ (inklusive Lösung und Scoring)

1. Warum bilden sich am Wasserhahn Tropfen. Warum fallen manche von ihnen herunter und manche nicht?

	An der Oberfläche von Wassertropfen bildet sich, ähnlich wie bei der „Milch-Haut“, eine Schicht, die den Tropfen in sich zusammenhält. Wird der Tropfen größer reißt diese Schicht auf und der Tropfen wird abgelöst.
	Ob ein Tropfen am Wasserhahn abgelöst wird oder nicht wir zufällig bestimmt. Dabei spielt die Größe des Tropfens keine Rolle. Die Wahrscheinlichkeit ob ein Tropfen fällt oder nicht folgt der Gauß-Verteilung.
x	Am hängenden Tropfen bildet sich ein Gleichgewicht aus Oberflächen- und Gewichtskraft aus. Je größer der Tropfen, desto schwerer wird dieser und desto höher ist auch die Gewichtskraft, die die Oberflächenkraft übersteigt und den Tropfen schließlich zum Ablösen zwingt.

2. Welche Kraft ist dafür verantwortlich, dass Klebstoffe an Grenzflächen kleben?

x	Adhäsionskraft
	Kohäsionskraft
	Kapillarkraft

3. Im Mikrobereich gelten die gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten wie im Makrobereich. Stimmt diese Aussage?

x	Ja
	Nein

4. Was wird unter *isotropen* und *anisotropen* Eigenschaften verstanden?

x	isotrop = richtungsunabhängig, anisotrop = richtungsabhängig
	isotrop = richtungsabhängig, anisotrop = richtungsunabhängig

5. Diffusionsprozesse finden am besten bei hohen Temperaturen statt. Stimmt diese Aussage?

x	Richtig
	Falsch

6. Welche Eigenschaft trifft auf den Werkstoff Silicium zu?

x	Silicium hat eine relativ gute Wärmeleitfähigkeit
	Silicium lässt sich gut plastisch verformen
	Silicium ist sehr selten und daher teuer

Scoring

Hohes Vorwissen:	5 oder 6 richtige Antworten
Durchschnittliches Vorwissen:	3 oder 4 richtige Antworten
Wenig Vorwissen:	2 oder 3 richtige Antworten
Kein Vorwissen:	0 oder 1 richtige Antworten

Abschlusstest „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ (inklusive Lösung und Scoring)

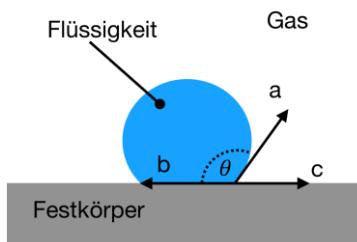
- Unter Grenzflächen versteht man die Kontaktfläche zwischen zwei unterschiedlichen Medien. Für welche zwei Stoffe kann sich keine Grenzfläche ausbilden?

<input checked="" type="checkbox"/>	Methan - Wasserstoff
	Silicium – Wasser
	Öl – Wasser
	Silicium - Aluminium

- Wie werden die Wechselwirkungs Kräfte innerhalb einer Phase zwischen den Nachbaratomen/ Molekülen bezeichnet?

	Adhäsion
<input checked="" type="checkbox"/>	Kohäsion
	Oberflächenkraft
	Adsorption

- Gezeigt ist eine Skizze mit einem Flüssigkeitstropfen auf einer festen Grenzfläche. Ordnen Sie die vorliegenden Grenzflächenenergien den Buchstaben a, b und c in der Skizze richtig zu.



	a-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{fest-gas}$ b-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{flüssig-gas}$ c-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{fest-flüssig}$
	a-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{flüssig-gas}$ b-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{fest-gas}$ c-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{fest-flüssig}$
	a-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{fest-flüssig}$ b-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{flüssig-gas}$ c-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{fest-gas}$
<input checked="" type="checkbox"/>	a-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{flüssig-gas}$ b-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{fest-flüssig}$ c-spezifische Oberflächenenergie $\gamma_{fest-gas}$

- Welche Aussagen über den Kontaktwinkel sind zutreffend?

	Der Kontaktwinkel liefert keine Informationen über das Benetzungsverhalten.
<input checked="" type="checkbox"/>	Ein Kontaktwinkel über 90° gibt an, dass es sich um eine hydrophobe (wasserabweisende) Benetzung handelt.
	Wasser auf Teflon ist ein Beispiel für besonders hydrophiles Benetzungsverhalten.

5. Auf welchem Prinzip basiert die Adsorption?

<input checked="" type="checkbox"/>	Die Adsorption basiert auf der van-der-Waals-Kraft.
<input type="checkbox"/>	Die Adsorption basiert auf einer chemischen Reaktion.
<input type="checkbox"/>	Die Adsorption basiert auf Ionenbindung.

6. Welche Eigenschaft spielt für die physikalische bzw. chemische Gasphasenabscheidung von Stoffen auf einem Substrat eine entscheidende Rolle?

<input checked="" type="checkbox"/>	Eine möglichst hohe Adhäsion zwischen dem abgeschiedenen Stoff und dem Substrat.
<input type="checkbox"/>	Eine möglichst geringe Adhäsion zwischen dem abgeschiedenen Stoff und dem Substrat.
<input type="checkbox"/>	Eine möglichst hohe Kohäsion zwischen innerhalb des abgeschiedenen Mediums.

7. Bei einer Kontaktwinkelmessung zwischen Wasser und einer glatten Oberfläche aus Metall wird ein Kontaktwinkel von 30° ermittelt. Wie ändert sich der Kontaktwinkel, wenn die Metalloberfläche angeraut wird?

<input type="checkbox"/>	Der Kontaktwinkel steigt (Lotuseffekt).
<input checked="" type="checkbox"/>	Der Kontaktwinkel verringert sich.
<input type="checkbox"/>	Der Kontaktwinkel bleibt gleich.

Scoring:

- Note 1: 7 Punkte
- Note 2: 6 Punkte
- Note 3: 5 Punkte
- Note 4: 3-4 Punkte
- Note 5 unter 2 Punkte

Tabelle 153: Häufigkeitsanalyse Vorwissen- und Abschlusstest

Konstrukt	Häufigkeit	Prozent
Vorwissen		
Kein Vorwissen	1	1,4
Wenig Vorwissen	14	19,7
Durchschnittliches Vorwissen	30	42,3
Hohes Vorwissen	26	36,6
Abschlusstest		
Note 5	7	9,9
Note 4	32	45,1
Note 3	21	29,6
Note 2	11	15,5
Note 1	0	0,0

Anmerkungen. N=71

A1.3 Statistische Auswertung

Zusätzliche Angaben zur Häufigkeitsanalyse der demographischen Daten

Tabelle 154: Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter und Fachsemester

Konstrukt	M	SD
Alter ^a	24.92	3.14
Fachsemester ^b	4.34	3.34

Anmerkungen. N=71. ^a Min=18, Max=37; ^b Min=1, Max=13

Tabelle 155: Häufigkeitsanalyse von Geschlecht, Studiengang und Abschluss

Konstrukt	Häufigkeit	Prozent
Geschlecht		
Männlich	50	70,4
Weiblich	21	29,6
Studiengang		
Biomedizinische Technik	12	16,9
Biomedizinische Chemie	1	1,4
Elektrotechnik/Informationstechnik	11	15,5
Maschinenbau	9	12,7
Mechatronik	10	14,1
Micro- and Nanotechnologies	1	1,4
Optronik	2	2,8
Technische Physik	4	5,6
Werkstoffwissenschaft	1	1,4
Wirtschaftsingenieurwesen	3	4,2
Sonstiges	17	23,9
Abschluss		
Bachelor	20	28,2
Master	51	71,8

Anmerkungen. N=71

Zusätzliche Angaben zur Häufigkeitsanalyse der Fragebogeninstrumente

Tabelle 156: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Fragebogens zur Selbstwirksamkeitserwartung

Item (Faktor)	M	SD
Ich werde in der Lage sein, die meisten Ziele, die ich mir selbst gesetzt habe, zu erreichen.	4.17	0.81
Im Angesicht schwieriger Aufgaben bin ich mir sicher, dass ich diese bewältigen kann.	3.70	0.71
Generell denke ich, dass ich Ergebnisse erreichen kann, die mir wichtig sind.	4.41	0.73
Ich denke, dass ich die meisten Unterfangen, auf die ich meine Gedanken richte, erfolgreich bewältigen kann.	4.20	0.69
Ich werde in der Lage sein, die meisten Herausforderungen erfolgreich zu bewältigen.	4.06	0.79
Ich bin zuversichtlich, dass ich bei verschiedenen Aufgaben gut abschneiden werde.	3.79	0.77
Verglichen mit anderen erfülle ich die meisten Aufgaben sehr gut.	3.62	0.70
Selbst bei Schwierigkeiten kann ich Aufgaben gut ausführen.	3.69	0.67

Anmerkungen. N=71. Min=2.50; Max=5.00

Tabelle 157: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM

Item (Faktor)	M	SD
Diese Art von Aufgaben ist sehr interessant. (I)	5.46	1.07
Bei dieser Aufgabe/Fragestellung mag ich die Rolle des Lernenden, der Zusammenhänge entdeckt. (I)	5.32	1.11
Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß. (I)	4.20	1.13
Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten. (I)	3.82	1.57
Ich mag solche Aufgaben und/oder Fragestellungen. (I)	4.96	1.24
Wenn ich diese Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Leistung sein. (H)	4.75	1.31
Diese Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich. (H)	3.77	1.30
Ich bin fest entschlossen, mich voll anzustrengen. (H)	5.62	1.34
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich zureckkommen werde. (H)	5.73	1.08
Wahrscheinlich werde ich diese Aufgabe nicht schaffen.* (E)	5.69	1.20
Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.* (E)	6.00	1.07
Ich glaube, den Schwierigkeiten dieser Aufgabe gewachsen zu sein. (E)	5.31	1.14
Ich glaube, das kann jeder schaffen. (E)	4.56	1.35
Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich. (M)	2.35	1.20
Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt. (M)	2.62	1.43
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte. (M)	2.87	1.33
Es wäre mir etwas peinlich hier zu versagen. (M)	3.54	1.66
Ich fühle mich unter Druck, jetzt gut abschneiden zu müssen. (M)	2.92	1.52

Anmerkungen. N=71. I – Interesse; H – Herausforderung; E – Erfolgswahrscheinlichkeit; M – Misserfolgsbefürchtung.
Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 158: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des IMMS

Item (Faktor)	M	SD
Die E-Learning Plattform konnte zu Beginn direkt meine Aufmerksamkeit gewinnen. (A)	4.04	0.73
Das E-Learning Material ist visuell ansprechend. (A)	4.38	0.88
Die Qualität der Textformulierung half mir stets, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten. (A)	3.61	0.84
Die Anordnung der Inhalte auf der E-Learning Plattform half mir dabei, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten. (A)	3.83	0.77
Die Vielfalt an Lehrtexten, Abbildungen und interaktiven Elementen erleichterte es mir, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten. (A)	4.11	0.87
Mir ist bewusst, wie die Inhalte des E-Learning Materials an mein Vorwissen angeknüpft haben. (R)	3.61	0.93
Die Aufgaben des Abschlusstests der E-Learning Plattform erfolgreich zu beenden, war mir sehr wichtig. (R)	3.73	0.94
Bezüglich meiner Interessen ist das E-Learning Material sehr relevant. (R)	3.34	1.07
Die Inhalte der E-Learning Plattform waren für mich nicht relevant, da ich über die meisten Inhalte bereits Bescheid wusste.* (R)	3.92	1.01
Als ich zum ersten Mal auf die E-Learning Plattform geschaut habe, hatte ich den Eindruck, dass das Material schnell verständlich für mich sein würde. (C)	3.90	0.81
Als ich mit der E-Learning Plattform gearbeitet habe, war ich sehr zuversichtlich, dass ich die Inhalte erlernen kann. (C)	3.99	0.77
Nachdem ich eine Weile mit der E-Learning Plattform gearbeitet habe, war ich sehr zuversichtlich, dass ich den Abschlusstest bestehen würde. (C)	3.49	0.79
Die Inhalte der E-Learning Plattform konnte ich nicht richtig verstehen.* (C)	3.97	1.06
Nach Beenden des Abschlusstests der E-Learning Plattform hatte ich ein befriedigendes Gefühl bezüglich der Aufgabenerfüllung. (S)	3.48	0.97
Ich habe das Erlernen der Inhalte mithilfe der E-Learning Plattform so genossen, dass ich noch mehr über das Thema Mikrotechnik erfahren möchte. (S)	3.41	1.12
Es hat sich sehr gut angefühlt, den Abschlusstest der E-Learning Plattform zu beenden. (S)	3.59	0.84
Es hat mir sehr viel Spaß gemacht, mit einer so gut gestalteten E-Learning Plattform zu arbeiten. (S)	4.04	0.76

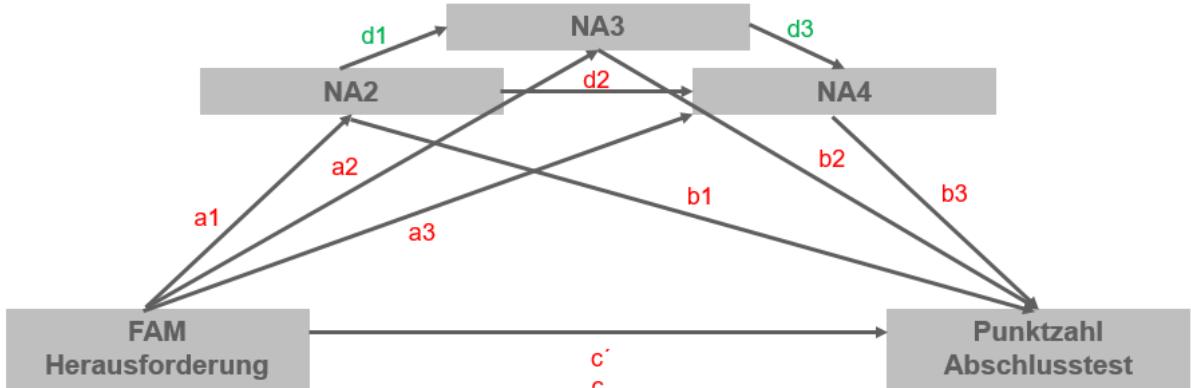
Anmerkungen. N=71. A – Attention; R – Relevance; C – Confidence; S – Satisfaction. Min=2.00; Max=5.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 159: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des PANAVA-KS für alle vier Messzeitpunkte

Item (Faktor)	M	SD
Messzeitpunkt 1		
Energiegeladen – Energiefilos* (PA)	4.77	1.15
Müde – Hellwach (PA)	4.39	1.55
Lustlos – Hoch motiviert (PA)	5.10	1.04
Begeistert – Gelangweilt* (PA)	4.86	1.11
Gestresst – Entspannt* (NA)	2.86	1.52
Friedlich – Verärgert (NA)	1.99	1.10
Ruhig – Nervös (NA)	2.51	1.42
Besorgt – Sorgenfrei* (NA)	2.87	1.48
Zufrieden – Unzufrieden* (VA)	5.31	1.17
Unglücklich – Glücklich (VA)	5.17	1.00
Messzeitpunkt 2		
Energiegeladen – Energiefilos* (PA)	4.66	1.18
Müde – Hellwach (PA)	4.03	1.45
Lustlos – Hoch motiviert (PA)	5.01	1.14
Begeistert – Gelangweilt* (PA)	4.79	1.21
Gestresst – Entspannt* (NA)	2.86	1.25
Friedlich – Verärgert (NA)	2.08	0.98
Ruhig – Nervös (NA)	2.31	1.20
Besorgt – Sorgenfrei* (NA)	3.06	1.42
Zufrieden – Unzufrieden* (VA)	5.42	1.00
Unglücklich – Glücklich (VA)	5.18	1.05
Messzeitpunkt 3		
Energiegeladen – Energiefilos* (PA)	4.87	1.26
Müde – Hellwach (PA)	4.44	1.39
Lustlos – Hoch motiviert (PA)	5.10	1.26
Begeistert – Gelangweilt* (PA)	4.92	1.31
Gestresst – Entspannt* (NA)	2.80	1.34
Friedlich – Verärgert (NA)	2.32	1.14
Ruhig – Nervös (NA)	2.30	1.21
Besorgt – Sorgenfrei* (NA)	2.92	1.35
Zufrieden – Unzufrieden* (VA)	5.32	1.33
Unglücklich – Glücklich (VA)	5.07	1.13
Messzeitpunkt 4		
Energiegeladen – Energiefilos* (PA)	4.83	1.35
Müde – Hellwach (PA)	4.41	1.45
Lustlos – Hoch motiviert (PA)	5.20	1.23
Begeistert – Gelangweilt* (PA)	5.28	1.47
Gestresst – Entspannt* (NA)	2.76	1.28
Friedlich – Verärgert (NA)	2.28	1.20
Ruhig – Nervös (NA)	2.28	1.21
Besorgt – Sorgenfrei* (NA)	2.94	1.48
Zufrieden – Unzufrieden* (VA)	5.25	1.27
Unglücklich – Glücklich (VA)	5.38	1.09

Anmerkungen. N=71. PA – Positive Aktivierung; NA – Negative Aktivierung; VA – Valenz. Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Zusätzliche Angaben zur Mediationsanalyse



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(-0.222, p=0.167), a2(-0.142, p=0.248), a3(-0.093, p=0.374)

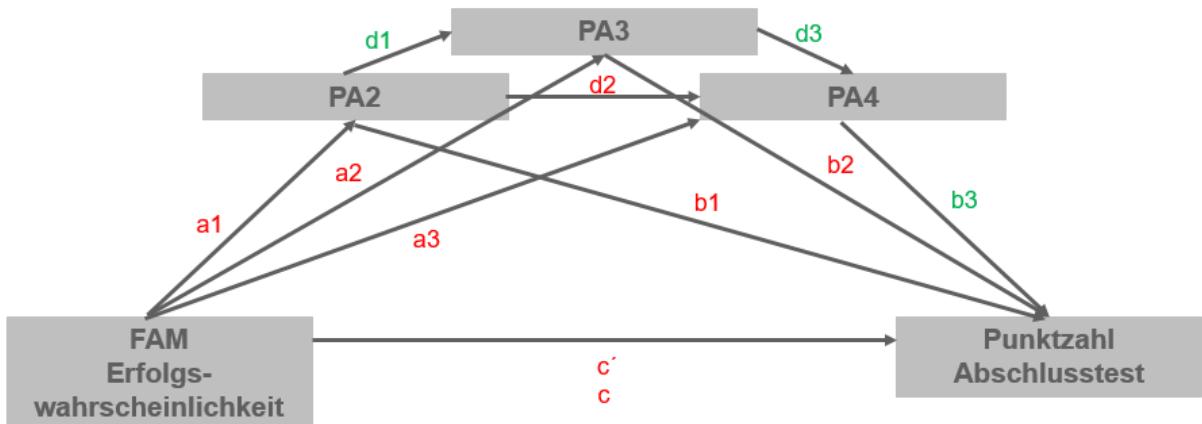
b1(0.016, p=0.939), b2(0.282, p=0.310), b3(-0.332, p=0.168)

c'(0.159, p=0.438)

d1(0.685, p<0.001), d2(0.046, p=0.661), d3(0.798, p<0.001)

c(0.185, p=0.350)

Abbildung 68: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die negative Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.057, p=0.698), a2(-0.130, p=0.165), a3(-0.063, p=0.566)

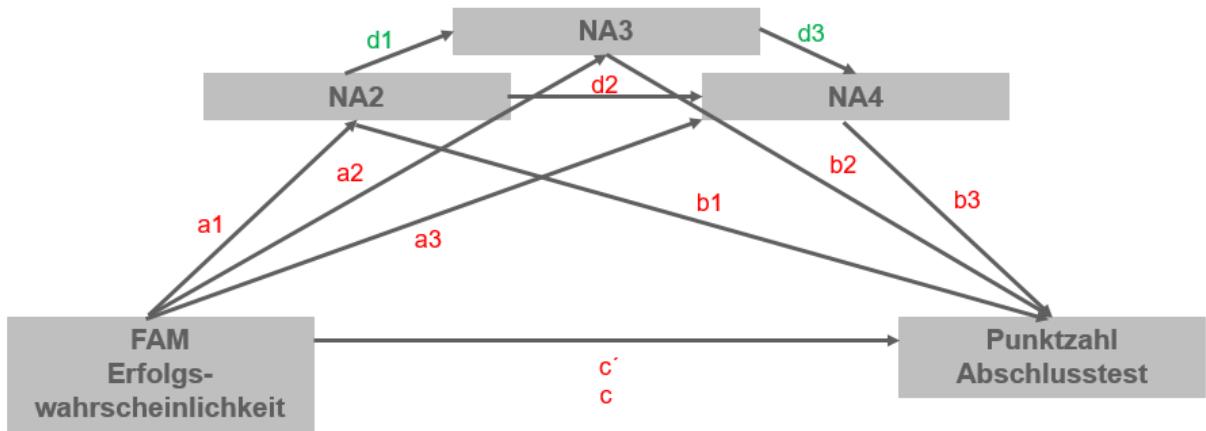
b1(-0.246, p=0.293), b2(-0.336, p=0.153), b3(0.554, p=0.004)

c'(0.314, p=0.060)

d1(0.878, p<0.001), d2(0.257, p=0.096), d3(0.533, p<0.001)

c(0.277, p=0.108)

Abbildung 69: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die positive Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(-0.228, p=0.102), a2(-0.069, p=0.918), a3(-0.084, p=0.364)

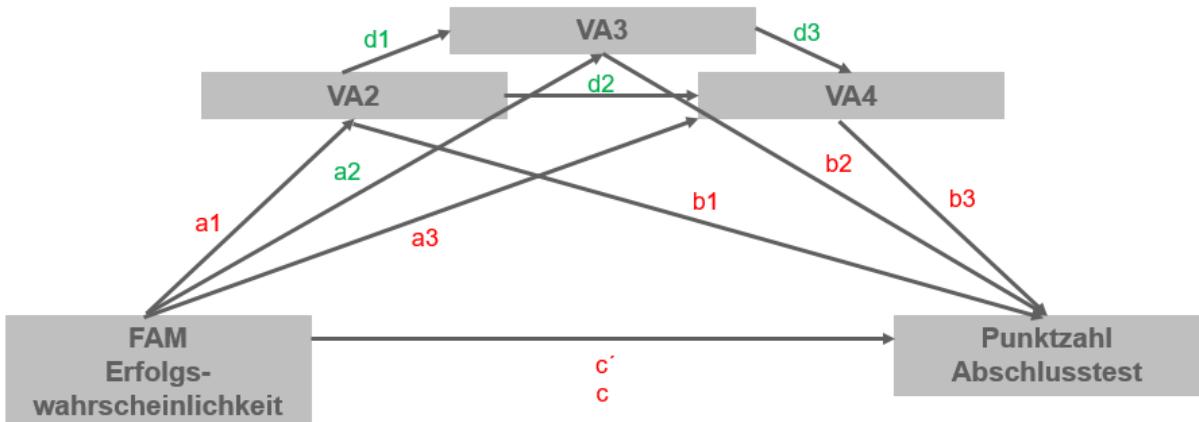
b1(0.090, p=0.668), b2(0.196, p=0.483), b3(-0.312, p=0.483)

c'(0.268, p=0.137)

d1(0.726, p<0.001), d2(0.024, p=0.826), d3(0.826, p<0.001)

c(0.277, p=0.108)

Abbildung 70: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die negative Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.175, p=0.183), a2(-0.340, p=0.009), a3(0.002, p=0.983)

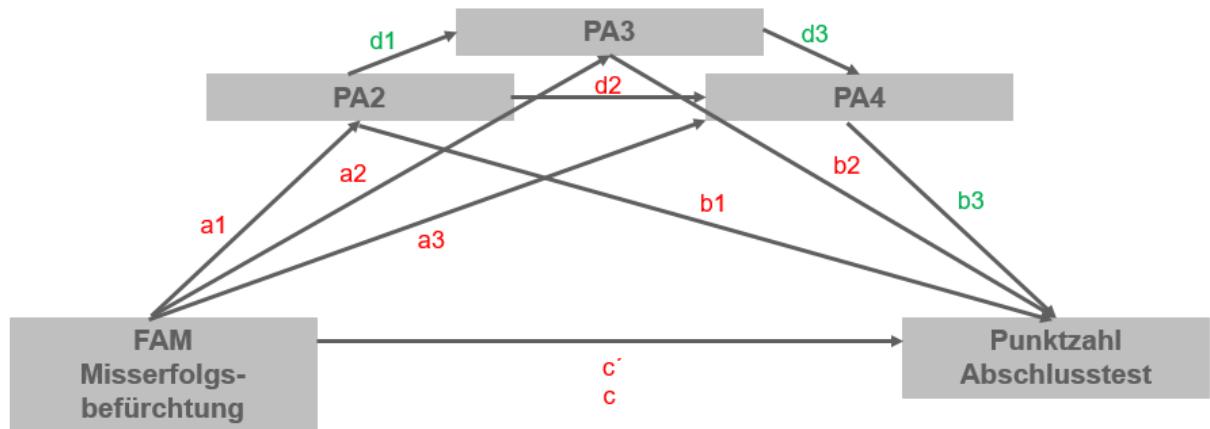
b1(-0.038, p=0.880), b2(-0.297, p=0.126), b3(0.264, p=0.298)

c'(0.220, p=0.228)

d1(0.837, p<0.001), d2(0.544, p<0.001), d3(0.392, p<0.001)

c(0.277, p=0.108)

Abbildung 71: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die Valenz



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(-0.103, p=0.410), a2(0.068, p=0.399), a3(0.006, p=0.949)

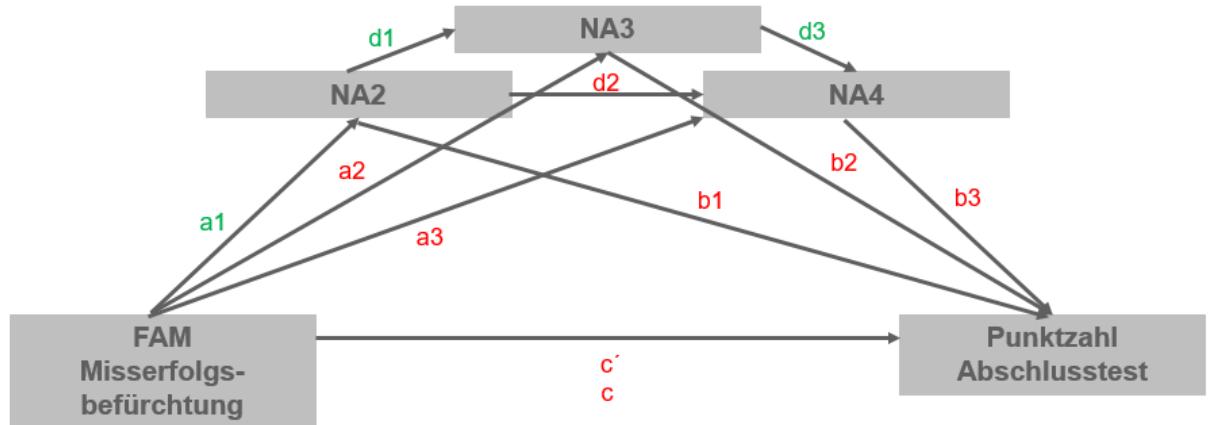
b1(-0.163, p=0.495), b2(-0.384, p=0.102), b3(0.529, p=0.006)

c'(0.027, p=0.852)

d1(0.880, p<0.001), d2(0.244, p=0.114), d3(0.546, p<0.001)

c(0.036, p=0.809)

Abbildung 72: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die positive Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.346, p=0.003), a2(-0.058, p=0.550), a3(0.117, p=0.149)

b1(-0.233, p=0.214), b2(0.303, p=0.284), b3(-0.375, p=0.124)

c'(0.088, p=0.583)

d1(0.722, p<0.001), d2(-0.0001, p=0.9996), d3(0.821, p<0.001)

c(0.036, p=0.809)

Abbildung 73: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die negative Aktivierung

A1.4 Zusammenfassung der Kernaussagen der Abschlussinterviews

Tabelle 160: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 1)

Wie gut hat Ihnen das Lernen mit der E-Learning Plattform NanoTecLearn gefallen?	Die Arbeit mit NanoTecLearn hat allgemein gut gefallen
	<p>Design der Plattform allgemein ansprechend:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ähnlich einer typischen „modernen“ Webseite und somit erwartungskonform - Single Page Ansatz vermeidet unnötigen Seitenwechsel, womit Textpassagen angenehm zu lesen sind - Schlichtes, eher graues Design ansprechend und keine unnötige Ablenkung vom Inhalt - Lesbarkeit der Texte insgesamt gut, auch für Nicht-Muttersprachler
	<p>Plattform insgesamt übersichtlich und verständlich gestaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inhalte prägnant zusammengefasst - Gute Mischung aus Text- und Bildanteilen
	<p>Plattform als Mehrwert für das eigene Lernen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mehr Möglichkeiten als das an der Universität verbreitete Moodle-System - Bessere Aufbereitung als ein vergleichbares Fachbuch zum Thema - Aufwand des Zusammentragens vielfältiger Quellen zum Thema wird durch Plattform vermieden
	<p>Plattform bereits aus Lehrveranstaltung bekannt und dort positiv aufgefallen</p>

Tabelle 161: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 1.1)

Gab es während der Bearbeitung besondere Zeitpunkte/Situationen, in denen Sie eine „Verbesserung“ Ihrer Lernmotivation bemerkt haben?	<p>Interaktive Abschnitte, wie Probenbetrachter und Formel waren allgemein hilfreich und motivierend zum Verstehen theoretischer Konzepte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestaltung und Qualität der REM-Aufnahmen des Probenbetrachters sehr motivierend - Verlinkungen der Booklets untereinander und permanente Abrufbarkeit der Inhalte zum Vertiefen des Gelernten motivierend - Direktes Feedback der interaktiven Formel bei Betätigung der User Interface-Elemente motivierend <p>Theorieteil interessant und informativ geschrieben und somit motivierend</p> <p>Ankündigung eines Abschlusstests als zusätzliche Motivation</p> <p>Abschnitt Orientierung motivierend als Einstieg ins Thema, besonders bei geringem Vorwissen</p> <p>Motivation aufgrund vorhandenen Themeninteresses konstant hoch</p>
---	--

Tabelle 162: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 1.2)

Benennen Sie zudem Gründe, wie z.B. bestimmte Inhalte, Präsentationsformen, Formen der Informationsvermittlung, Nutzerführung, persönliche Gründe, etc.	<p>Interaktive Elemente als Hauptgrund für hohe Motivation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vermittlung eines direkten Feedbacks auf Nutzereingaben - Förderung einer aktiven Rolle des Lernenden - Beschleunigung des allgemeinen Verständnisses der Inhalte - Zoomfunktion und interaktive Elemente des Probenbetrachters als expliziter Mehrwert der Plattform <p>Glossar und Mouseover-Effekt zum Einblenden und Vertiefen von Begriffen sehr hilfreich</p> <p>Klare, konsistente Struktur der Plattforminhalte, besonders der Booklets, erleichtert Einstieg</p> <p>Vielfalt an konkreten praxisnahen Beispielen in den Abschnitten erleichtert das Verständnis der Inhalte</p> <p>Allgemein hohe Qualität von textuellen und visuellen Anteilen der Plattform</p>
---	--

Tabelle 163: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 2)

An welchen Stellen haben Sie sich während des Lernens gelangweilt?	<p>Langeweile trat explizit während der langen Textpassagen im Theorieteil auf</p> <p>Während der Bearbeitung trat kein Gefühl von Langeweile auf, aufgrund der Qualität der Plattform sowie des Interesses am Themenbereich</p> <p>Bei wenig Vorwissen wurde die Fülle an Informationen und Fachbegriffen teilweise als überfordernd empfunden</p>
--	---

Tabelle 164: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 2.1)

Gab es während der Bearbeitung besondere Zeitpunkte/Situationen, in denen Sie eine „Verschlechterung“ Ihrer Lernmotivation bemerkt haben?	<p>Dauer und Umfang der Bearbeitung des Theorieteils mindert Lernmotivation aufgrund wenig abwechslungsreicher Textarbeit</p> <p>Bezug der interaktiven Elemente zum Theorieteil und Einbettung dieser Elemente in Gesamtkonzept nicht ganz ersichtlich</p> <p>Allgemein keine Verschlechterung der Lernmotivation feststellbar</p> <p>Theorieteil insbesondere herausfordernd, wenn Deutsch nicht die Muttersprache ist</p> <p>Keine direkte Rückmeldung der interaktiven Elemente zur Aufgabenstellung aufgrund fehlender Lösungen und Eingabefelder</p> <p>Vielzahl an Fachbegriffen überfordert zum Teil und verringt somit Motivation</p>
---	--

Tabelle 165: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 2.2)

<p>Benennen Sie zudem Gründe, wie z.B. bestimmte Inhalte, Präsentationsformen, Formen der Informationsvermittlung, Nutzerführung, persönliche Gründe, etc.</p>	<p>Navigationskonzept teilweise schwer verständlich und unübersichtlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verlinkungen fast nur auf Textpassagen und nicht auf interaktive Elemente - Unklare Reihenfolge der beiden interaktiven Elemente des Booklets - Dominante und ablenkende untere Navigationsleiste der Booklets <p>Zoomfunktion des Probenbetrachters liefert keinen wirklichen Mehrwert, da System kein Feedback vermittelt</p> <p>Teilweise sind Rechtschreibfehler aufgefallen</p> <p>Interaktive Elemente enthielten keine Hinweise bezüglich ihrer Funktionsweise oder Bedienung</p> <p>Bei hohem Vorwissen fehlen weiterführende Inhalte oder Exkurse</p> <p>Systeminterne Notizfunktion beim Bearbeiten des langen Theorieteils fehlt, um Vergessen der Inhalte entgegenzuwirken</p> <p>Zusammenfassung im Abschnitt „Reflexion“ als Risiko, die eigentlichen Inhalte zu überspringen</p> <p>Passive Rolle im Theorienteil hemmt Eigenmotivation, sich mit Inhalten auseinanderzusetzen</p> <p>Vielzahl an domänenpezifischen Abkürzungen und Begriffen wird vorausgesetzt und somit Barriere für Lernende mit wenig Vorwissen</p>
--	---

Tabelle 166: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 3)

Wenn Sie NanoTecLearn verbessern könnten, was würden Sie verändern?	<p>Integration von deutlich mehr visuellen Elementen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einbinden von Lernvideos, z.B. über externe Quellen, insbesondere zur Auflockerung des Theorieteils - Integration von mehr Grafiken, Abbildungen und Simulationen - Implementieren von mehr Interaktionen und interaktiven Elementen
	<p>Überarbeitung der bisherigen interaktiven Elemente Interaktive Elemente sollten Erklärungen und Lösungen für die gestellten Aufgaben oder Eingabefelder für Lösungen enthalten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erklärungen der Funktionsweise sollten ergänzt werden - Lösungen der Aufgaben sollten ergänzt werden - Zoombereich des Probenbetrachters sollte frei verschiebbar sein - Ausgewählte Fälle bei interaktiven Elementen, z.B. Art der Oberfläche bei Benetzung, sollten hervorgehoben werden - Stereoskopische Darstellung einzelner interaktiver Elemente mittels 3D-Brille wäre eine interessante Ergänzung
	<p>Theorienteil sollte überarbeitet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untergliederung in mehr Unterabschnitte - Kontrast von Hintergrund und Schrift sollte verbessert werden - Stichpunkte mit Zusammenfassung der wichtigsten Inhalte am Ende jedes Abschnitts - Integration von mehr Formeln mit zusätzlichen Erläuterungen - Umsetzung des Abschlusstests direkt in der Plattform - Integration von mehr fachlich relevanten Quellen für gezieltes Vertiefen des Wissens
	<p>Navigationskonzept sollte überarbeitet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Navigation vereinfachen und verständlicher gestalten - Implementieren eines systeminternen „Zurück“-Buttons, insbesondere für leichtere Rückkehr von interaktiven Elementen zu Booklets
	<p>Umsetzung von mehreren Sprachausgaben</p>
	<p>Kontakt mit Lehrenden sollte über Forum oder Feedbackfunktion ermöglicht werden, z.B. zum Anmerken von Verbesserungsvorschlägen</p>
	<p>Umsetzung als App oder für mobile Endgeräte wäre wünschenswert</p>

Tabelle 167: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 3.1)

Zu welchen Systemreaktionen sollte die NanoTecLearn Plattform in der Lage sein, um Ihre Lernmotivation wieder zu steigern? (z.B. Anzeigen von Zusatzinformationen, Angebot alternativer Lern- oder Vermittlungsformen, Veränderung der Informationsvisualisierung, Hinweise zum Schwierigkeitsgrad oder Vorwissen, etc.)	<p>Umsetzung in Form eines fragengeführtes Lernansatzes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implementierung von Kontrollfragen am Ende der Abschnitte der Booklets - Implementierung von Abschlusstests, die primär auf Verständnis der Inhalte abzielen am Ende der Booklets - Umsetzung von Zusammenfassungen des Gelernten am Ende jedes Abschnitts, die farbig hervorgehoben werden
	<p>Anpassung auf Basis studiengangsspezifischer Personenfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Studiengang oder Abschluss (Bachelor/Master) zu Beginn abfragen, daraufhin Inhalte anpassen und Zusatzkurse anbieten - Vorwissen des Lernenden zu Beginn abfragen und dahingehend angepasste Inhalte darstellen - „Experten“-Version mit weiterführenden Erklärungen und Zusatzinformationen anbieten
	<p>Anpassung der Nutzerführung entsprechend der aktuellen Motivation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motivation möglichst kontinuierlich erfassen und darauf reagieren - Stärkere Nutzerführung, z.B. „Es geht weiter mit Abschnitt...“ - Videos und interaktive Inhalte direkt bei Motivationseinbrüchen zeigen - Führung durch hervorgehobene besonders relevante Passagen des Textes
	<p>Gamification-Ansätze berücksichtigen z.B. Belohnungen für abgeschlossene Abschnitte oder Booklets</p>
	<p>Eingehen auf Veränderung der Motivation explizit nicht gewünscht</p>

Tabelle 168: Zusammenfassung der Abschlussinterviews (Frage 3.2)

Gab es sonst noch Anmerkungen, die Sie uns gerne mitteilen möchten?	<p>Plattform als echte Alternative zu klassischem Lernen mit Skripten oder Fachbüchern und Ergänzung für oftmals als „konservativ“ empfundenes Lernen an der Universität</p>
	<p>Umfassendere Information von Studierenden über derartige Angebote an der Universität und Schaffen von Anreizfaktoren, wie Klausurvorbereitung, Bonuspunkte</p>
	<p>IMMS Fragebogen bereitete beim Ausfüllen teilweise Probleme und Selbsteinschätzung fiel zum Teil schwer</p>

A2 Onlinestudie zur Analyse motivationaler Personenfaktoren und genereller E-Learning Akzeptanz

A2.1 Fragebogen der Onlinestudie

Studieninteresse

Du findest auf dieser Seite eine Reihe von Aussagen, die sich auf dein Studium beziehen. Gehe bitte die Aussagen der Reihe nach durch. Schätze bei jeder Aussage ein, inwieweit diese auf dich zutrifft.

Es gibt vier Abstufungen, von denen du die zutreffende Abstufung anklicken sollst.

	Trifft gar nicht zu	Trifft sehr begrenzt zu	Trifft weitgehend zu	Trifft völlig zu
Ich bin sicher, den Studiengang gewählt zu haben, welcher meinen persönlichen Neigungen entspricht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach einem langen Wochenende oder Urlaub freue ich mich wieder auf das Studium	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich genügend Zeit hätte, würde ich mich mit bestimmten Fragen meines Studiums, auch unabhängig von Prüfungsanforderungen, intensiver beschäftigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bin sicher, dass das Studium meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Beschäftigung mit den Inhalten meines Studiums hat für mich eigentlich recht wenig mit Selbstverwirklichung zu tun.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich online bin, besuche ich gerne Webseiten, die Themen aus meinem Studiengang ansprechen oder lese dazu passende Online-Artikel.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich rede lieber über meine Hobbies als über mein Studium.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es war für mich von großer persönlicher Bedeutung, gerade diesen Studiengang studieren zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe mein jetziges Studium vor allem wegen der interessanten Studieninhalte gewählt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schon vor dem Studium hatte das Fachgebiet, das ich jetzt studiere, für mich einen hohen Stellenwert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im Vergleich zu anderen mir sehr wichtigen Dingen (z.B. Hobbies, soziale Beziehungen) messe ich meinem Studium eher eine geringe Bedeutung zu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Beschäftigung mit bestimmten Stoffinhalten wirkt sich positiv auf meine Stimmung aus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich ehrlich sein soll, ist mir mein Studium manchmal eher gleichgültig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Beschäftigung mit bestimmten Studieninhalten ist mir wichtiger als Zerstreuung, Freizeit und Unterhaltung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es gibt viele Bereiche meines Studiengangs, die mich innerlich gleichgültig lassen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Beschäftigung mit den Inhalten und Problemen meines Studiengangs gehört nicht gerade zu meinen Lieblingstätigkeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schon vor dem Studium habe ich mich freiwillig mit Inhalten meines Studiengangs auseinandergesetzt (z.B. Bücher lesen, Vorträge besuchen, Gespräche führen).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Über Inhalte meines Studiums zu reden, macht mir nur selten Spaß	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Die folgenden Fragen beziehen sich auf dein eigenes Lernen im Studium.

Bitte versuche möglichst genau zu beantworten, was Gründe für dein Lernen in deinem Studiengang sind.

Ich arbeite und lerne in diesem Studiengang, ...

	Stimmt völlig	Stimmt eher	Stimmt teils/teils	Stimmt eher nicht	Stimmt überhaupt nicht
... weil es mir Spaß macht.	<input type="radio"/>				
... weil ich möchte, dass meine Dozenten denken, ich bin ein/e gute/r Student/in.	<input type="radio"/>				
... um später einen bestimmten Beruf ausüben zu können.	<input type="radio"/>				
... weil ich sonst von zu Hause Druck bekomme.	<input type="radio"/>				
... weil ich neue Dinge lernen möchte.	<input type="radio"/>				
... weil ich ein schlechtes Gewissen hätte, wenn ich wenig tun würde.	<input type="radio"/>				
... weil ich damit mehr Möglichkeiten bei der späteren Berufswahl habe.	<input type="radio"/>				
... weil ich sonst Ärger mit meinen Dozenten bekomme.	<input type="radio"/>				
... weil ich es genieße, mich mit diesem Studiengang auseinanderzusetzen.	<input type="radio"/>				
... weil ich möchte, dass die anderen Studenten von mir denken, dass ich ziemlich gut bin.	<input type="radio"/>				
... weil ich mit dem im Studiengang vermittelten Wissen später einen besseren Job bekommen kann.	<input type="radio"/>				
... weil ich sonst schlechte Noten bekomme.	<input type="radio"/>				
... weil ich gern Aufgaben aus diesem Studiengang löse.	<input type="radio"/>				
... weil ich mich vor mir selbst schämen würde, wenn ich es nicht tun würde.	<input type="radio"/>				
... weil ich die Sachen, die ich hier lerne, später gut gebrauchen kann.	<input type="radio"/>				
... weil ich es einfach lernen muss.	<input type="radio"/>				
... weil ich gerne über Dinge dieses Studienganges nachdenke.	<input type="radio"/>				

E-Learning

Die folgenden Aussagen beschäftigen sich mit dem Thema E-Learning-Anwendungen.

Bitte gib an, ob es sich deiner Meinung nach bei folgenden Möglichkeiten um E-Learning-Anwendungen handelt.

	Ja	Nein	Kenne ich nicht
Duolingo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Babbel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Moodle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Codecademy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Massive Open Online Courses (MOOCs)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
NanoTecLearn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Welche dieser Anwendungen hast du bereits genutzt (mehrere Antworten möglich)

- Duolingo
- Babbel
- Moodle
- Codecademy
- Massive Open Online Courses (MOOCs)
- NanoTecLearn

Andere und zwar: _____

- Keine

Der folgende Abschnitt bezieht sich auf deine Erfahrung mit der Nutzung von E-Learning-Anwendungen. Bitte wähle aus, inwiefern die Aussagen auf dich zutreffen.

Ich nutze E-Learning-Anwendungen, ...

	Gar nicht	Weniger	Teilweise	Eher	Voll und ganz	Weiß nicht
... wenn ich mich gezielt auf eine Prüfung vorbereiten möchte.	<input type="radio"/>					
... um den behandelten Stoff aus der Übung/Vorlesung zu vertiefen.	<input type="radio"/>					
... aus Interesse, auch in meiner Freizeit.	<input type="radio"/>					
... kurz vor der Prüfung.	<input type="radio"/>					
... das ganze Semester über.	<input type="radio"/>					
... weil ich gerne etwas Neues dazulernen möchte.	<input type="radio"/>					
... um Wissenslücken zu füllen.	<input type="radio"/>					
... um mich sicherer zu fühlen.	<input type="radio"/>					
... um anderen etwas voraus zu haben.	<input type="radio"/>					
... um eine Abwechslung zum sonstigen Lernen zu bekommen.	<input type="radio"/>					
... um beim Lernen unterhalten zu werden.	<input type="radio"/>					

	Gar nicht	Weniger	Teilweise	Eher	Voll und ganz	Weiß nicht
... um Sprachen zu lernen.	<input type="radio"/>					
... um technische Themen zu erlernen.	<input type="radio"/>					
... um andere Themen zu erlernen:	<input type="radio"/>					

... wenn ich unterwegs bin.	<input type="radio"/>					
... wenn ich an meinem Arbeitsplatz bin.	<input type="radio"/>					
... zu einer festen Zeit am Tag.	<input type="radio"/>					
... zu unterschiedlichen Zeiten.	<input type="radio"/>					

Bitte gib an, inwiefern die folgenden Aussagen auf dich zutreffen:

	Gar nicht	Weniger	Teilweise	Eher	Voll und ganz	Weiß nicht
Wenn ich mich auf eine Prüfung vorbereite, nutze ich hauptsächlich E-Learning dafür.	<input type="radio"/>					
Es gibt ausreichend E-Learning-Angebote für meinen Studiengang an meiner Hochschule.	<input type="radio"/>					
Es gibt allgemein ausreichend E-Learning-Angebote für meinen Studiengang.	<input type="radio"/>					

Ich nutze E-Learning...

- Jeden Tag
- Jede Woche
- Jeden Monat
- Jedes Semester
- Seltener

Im Folgenden werden einige Daten zu E-Learning im Allgemeinen erhoben.

Bitte beantworte die folgenden Fragen in Bezug auf deine Erfahrung mit E-Learning, welches du möglicherweise im Rahmen deines Studiums nutzt.

	Trifft nicht zu	Trifft kaum zu	Trifft teilweise zu	Trifft überwiegend zu	Trifft vollkommen zu
Ich finde E-Learning insgesamt nützlich.	<input type="radio"/>				
Ich bin mit dem E-Learning Angebot an meiner Hochschule zufrieden.	<input type="radio"/>				
Ich nutze E-Learning im Rahmen meines Studiums gerne.	<input type="radio"/>				
E-Learning bietet gute Möglichkeiten der Kommunikation mit anderen Studierenden (z.B. Chats, Foren, ...).	<input type="radio"/>				
Lerninhalte können sehr gut mithilfe von E-Learning Plattformen bearbeitet werden.	<input type="radio"/>				
Es gibt besondere Anreize, E-Learning intensiv zu nutzen (beispielsweise Zusatzpunkte, Musterklausuren, ...).	<input type="radio"/>				
Ich wünsche mir mehr E-Learning Angebote an meiner Hochschule.	<input type="radio"/>				

Zum Abschluss möchte ich dich bitten, noch ein paar Fragen zu deiner Person zu beantworten.

Bitte gib dein Geschlecht an.

- Männlich
- Weiblich
- Anderes

Bitte gib dein Alter an: _____

Was studierst du?

- Allgemeine Betriebswirtschaftslehre
- Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft
- Biomedizinische Technik
- Biotechnische Chemie
- Elektrotechnik und Informationstechnik
- Fahrzeugtechnik
- Informatik
- Ingenieurinformatik
- Maschinenbau
- Mathematik
- Mechatronik
- Medientechnologie
- Medienwirtschaft
- Micro- and Nanotechnologies
- Miniaturisierte Biotechnologie
- Optronik
- Technische Kybernetik und Systemtheorie
- Technische Physik
- Werkstoffwissenschaft
- Wirtschaftsinformatik
- Wirtschaftsingenieurwesen
- Sonstiges _____

Bitte gib deinen angestrebten Abschluss an.

- | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Bachelor | Master | Promotion | Diplom | Staatsexamen | Sonstiges |
| <input type="radio"/> |

In welchem Fachsemester befindest du dich? _____

A2.2 Statistische Auswertung

Zusätzliche Angaben zur Häufigkeitsanalyse der demographischen Daten

Tabelle 169: Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter und Fachsemester

Konstrukt	M	SD
Alter ^a	23.59	3.25
Fachsemester ^b	5.46	4.99

Anmerkungen. N=189. ^a Min=19, Max=40; ^b Min=1, Max=60

Tabelle 170: Häufigkeitsanalyse von Geschlecht, Studiengang und Abschluss

Konstrukt	Häufigkeit	Prozent
Geschlecht		
Männlich	94	49,7
Weiblich	94	49,7
Anderes	1	0,5
Studiengang		
Biomedizinische Technik	17	9,0
Elektrotechnik/Informationstechnik	10	5,3
Maschinenbau	10	5,3
Mechatronik	1	0,5
Optronik	1	0,5
Technische Physik	7	3,7
Werkstoffwissenschaft	5	2,6
Wirtschaftsingenieurwesen	11	5,8
Medientechnologie	6	3,2
Fahrzeugtechnik	2	1,1
Technische Kybernetik/Systemtheorie	4	2,1
Mathematik	2	1,1
Ingenieurinformatik	3	1,6
Informatik	6	3,2
Angewandte Medienwissenschaft	32	16,9
Medienwirtschaft	18	9,5
Betriebswirtschaftslehre	6	3,2
Sonstiges	41	21,7
Abschluss		
Bachelor	111	58,7
Master	67	35,4
Diplom	1	3,2
Staatsexamen	3	0,5
Promotion	6	1,6
Sonstiges	1	0,5

Anmerkungen. N=189

Zusätzliche Angaben zur Häufigkeitsanalyse der Fragebogeninstrumente

Tabelle 171: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FSI

Item (Faktor)	M	SD
Nach einem langen Wochenende oder Urlaub freue ich mich wieder auf das Studium. (GV)	1.54	0.78
Wenn ich online bin, besuche ich gerne Webseiten, die Themen aus meinem Studiengang ansprechen oder lese dazu passende Online-Artikel. (GV)	1.35	0.80
Ich rede lieber über meine Hobbies als über mein Studium.* (GV)	1.31	0.87
Die Beschäftigung mit bestimmten Stoffinhalten wirkt sich positiv auf meine Stimmung aus. (GV)	1.72	0.75
Es gibt viele Bereiche meines Studiums, die mich innerlich gleichgültig lassen.* (GV)	1.42	0.88
Die Beschäftigung mit den Inhalten und Problemen meines Studiengangs gehört nicht gerade zu meinen Lieblingstätigkeiten.* (GV)	1.67	0.81
Über die Inhalte meines Studiums zu reden, macht mir nur selten Spaß.* (GV)	2.09	0.74
Ich bin sicher, dass das Studium meine Persönlichkeit positiv beeinflusst. (PWV)	2.11	0.84
Die Beschäftigung mit den Inhalten meines Studiums hat für mich eigentlich recht wenig mit Selbstverwirklichung zu tun.* (PWV)	1.75	0.90
Es war für mich von großer persönlicher Bedeutung, gerade diesen Studiengang studieren zu können. (PWV)	1.77	0.93
Schon vor dem Studium hatte das Fachgebiet, das ich jetzt studiere, für mich einen hohen Stellenwert. (PWV)	1.70	1.06
Im Vergleich zu anderen sehr wichtigen Dingen (z.B. Hobbies, soziale Beziehungen) messe ich meinem Studium eher eine geringe Bedeutung zu.* (PWV)	1.95	0.90
Wenn ich ehrlich sein soll, ist mir mein Studium manchmal eher gleichgültig.* (PWV)	2.01	0.92
Die Beschäftigung mit bestimmten Studieninhalten ist mir wichtiger als Zerstreuung, Freizeit und Unterhaltung. (PWV)	1.12	0.77
Ich bin mir sicher, den Studiengang gewählt zu haben, welcher meinen persönlichen Neigungen entspricht. (IC)	2.30	0.65
Wenn ich genügend Zeit hätte, würde ich mich mit bestimmten Fragen meines Studiums, auch unabhängig von Prüfungsanforderungen, intensiver beschäftigen. (IC)	2.11	0.89
Ich habe mein jetziges Studium vor allem wegen der interessanten Studieninhalte gewählt. (IC)	2.03	0.77
Schon vor dem Studium habe ich mich freiwillig mit Inhalten meines Studiengangs auseinandergesetzt (z.B. Bücher lesen, Vorträge besuchen, Gespräche führen). (IC)	1.39	0.97

Anmerkungen. N=189. GV – Gefühlsbezogene Valenzen; PWV – Persönliche wertbezogene Valenzen; IC – Intrinsischer Charakter. Min=0.00; Max=3.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 172: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des SRQ-A

Item (Faktor)	M	SD
...weil ich sonst von zu Hause Druck bekomme. (ER)	4.05	1.10
...weil ich sonst Ärger mit meinen Dozenten bekomme. (ER)	4.51	0.84
...weil ich sonst schlechte Noten bekomme. (ER)	2.41	1.25
...weil ich es einfach lernen muss. (ER)	2.61	1.21
...weil ich möchte, dass meine Dozenten denken, ich ein/e gute/r Student/in. (InR)	3.51	1.27
...weil ich ein schlechtes Gewissen hätte, wenn ich wenig tun würde. (InR)	2.53	1.20
...weil ich möchte, dass die anderen Studenten von mir denken, dass ich ziemlich gut bin. (InR)	3.50	1.29
...weil ich mich vor mir selbst schämen würde, wenn ich es nicht tun würde. (InR)	2.66	1.33
...um später einen bestimmten Beruf ausüben zu können. (IdR)	1.78	0.99
...weil ich damit mehr Möglichkeiten bei der späteren Berufswahl habe. (IdR)	1.72	0.95
...weil ich mit dem im Studiengang vermittelten Wissen später einen besseren Job bekommen kann. (IdR)	2.01	1.08
...weil ich die Sachen, die ich hier lerne, später gut gebrauchen kann. (IdR)	2.34	1.03
...weil es mir Spaß macht. (IR)	2.46	0.99
...weil ich gerne neue Dinge lerne. (IR)	1.85	0.92
...weil ich es genieße, mich mit diesem Studiengang auseinanderzusetzen. (IR)	2.73	1.01
...weil ich gern Aufgaben aus diesem Studiengang löse. (IR)	2.79	1.03
...weil ich gerne über Dinge dieses Studiengangs nachdenke. (IR)	2.59	1.00

Anmerkungen. N=189. ER – Externe Regulation; InR – Introjizierte Regulation; IdR – Identifizierte Regulation; IR – Intrinsische Regulation. Min=1.00; Max=5.00. Präfix der Items ist jeweils „Ich arbeite und lerne in diesem Studiengang, ...“

Tabelle 173: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Akzeptanzfragebogens

Item (Faktor)	M	SD
Ich finde E-Learning insgesamt nützlich.	3.80	1.06
Ich bin mit dem Angebot an meiner Hochschule zufrieden.	2.54	1.11
Ich nutze E-Learning im Rahmen meines Studiums gerne.	2.96	1.24
E-Learning bietet gute Möglichkeiten der Kommunikation mit anderen Studierenden (z.B. Chats, Foren, ...).	2.49	1.15
Lehrinhalte können sehr gut mithilfe von E-Learning Plattformen bearbeitet werden.	3.26	1.11
Es gibt besondere Anreize, E-Learning intensiv zu nutzen (beispielsweise Zusatzpunkte, Musterklausuren, ...).	2.89	1.35
Ich wünsche mir mehr E-Learning Angebote an meiner Hochschule.	3.62	1.34

Anmerkungen. N=189. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 174: Häufigkeitsanalyse der E-Learning Nutzung

Konstrukt	Häufigkeit	Prozent
Nutzungshäufigkeit E-Learning		
Jeden Tag	7	3,7
Jede Woche	47	24,9
Jeden Monat	24	12,7
Jedes Semester	53	28,0
Seltener	58	30,7
Nutzung von E-Learning Anwendungen		
Duolingo (ja)	36	19,0
Duolingo (nein)	153	81,0
Babbel (ja)	38	20,1
Babbel (nein)	151	79,9
Moodle (ja)	155	82,0
Moodle (nein)	34	18,0
Codecademy (ja)	14	7,4
Codecademy (nein)	175	92,6
MOOCs (ja)	3	98,4
MOOCs (nein)	186	1,6
NanoTecLearn (ja)	9	4,8
NanoTecLearn (nein)	180	95,2

Anmerkungen. N=189

Tabelle 175: Analyse zusätzlicher Items zu E-Learning Nutzungsgewohnheiten

Item	Gar Nicht	Weniger	Teilweise	Eher	Voll und Ganz
Wenn ich mich auf eine Prüfung vorbereite, nutze ich hauptsächlich E-Learning dafür.	64	76	24	13	8
Es gibt ausreichend E-Learning Angebote für meinen Studiengang an meiner Hochschule.	41	50	35	15	12
Es gibt allgemein ausreichend E-Learning Angebote für meinen Studiengang.	33	40	32	14	12
Ich nutze E-Learning Anwendungen, ...					
...wenn ich mich gezielt auf eine Prüfung vorbereiten möchte.	43	35	35	36	36
...um den behandelten Stoff aus der Übung/Vorlesung zu vertiefen.	49	25	39	50	21
...aus Interesse, auch in meiner Freizeit.	69	44	26	25	19
...kurz vor der Prüfung.	45	23	26	39	46
...das ganze Semester über.	49	36	36	47	17
...weil ich gerne etwas Neues dazulernen möchte.	48	35	39	38	24
...um Wissenslücken zu füllen.	43	23	34	53	30
...um mich sicherer zu fühlen.	48	29	22	48	36
...um anderen etwas voraus zu haben.	105	40	15	15	10
...um eine Abwechslung zum sonstigen Lernen zu bekommen.	68	29	37	27	19
...um beim Lernen unterhalten zu werden.	93	44	14	23	11
...um Sprachen zu lernen.	75	25	17	26	40
...um technische Themen zu lernen.	68	32	29	36	17
...um andere Themen zu lernen.	56	9	5	5	11
...wenn ich unterwegs bin.	92	27	27	23	16
...wenn ich an meinem Arbeitsplatz bin.	65	22	26	30	35
...zu einer festen Zeit am Tag.	113	45	15	4	3
...zu unterschiedlichen Zeiten.	31	9	17	65	58

Anmerkungen. N=189. Angaben beziehen sich auf die Häufigkeiten der Nennung

A3 Fokusgruppen mit Studierenden

A3.1 Leitfaden der Fokusgruppendiskussion

Ablauf der Diskussion

Vorstellung Moderator, Untersuchungsziel

Vorstellung Studierende

Spielregeln erläutern

Grundreiz

Reizargumente

Nachfrage-Phase

Übergang zu User as Wizard

Vorstellung Moderator, Untersuchungsziel

- Vorstellung Moderator
- Untersuchungsziel: Erfassung von Motivationszuständen, auf Basis derer sich Lernplattform NanoTecLearn anpassen soll
- NanoTecLearn: Lernplattform für Studierende, die sich mit Thema Mikro-Nano-Integration befassen, auch von Unternehmen zur Aus- und Weiterbildung eingesetzt
- Ziel der Fokusgruppe: nutzerzentrierte Sicht auf Anpassung der Wissensplattform, Beantwortung der Fragen:
 - Wann soll die Anpassung stattfinden?
 - Was soll die Anpassung beinhalten?
 - Wie soll die Anpassung aussehen?
 - Welche Faktoren beeinflussen die Akzeptanz von Anpassungen?
- Dazu wollen wir zunächst allgemein diskutieren, anschließend geben wir Ihnen Informationen zu zwei potenziellen Nutzern der NanoTecLearn Plattform. Sie sollen mit diesen Nutzern durchspielen, wie sich Ihrer Meinung nach die Plattform an die Motivation des Nutzers anpassen kann.
- Für die Diskussion planen wir ca. 45 Minuten ein, anschließend haben Sie die Gelegenheit, in kleinen Gruppen die Szenarien für die potenziellen Nutzer zu entwickeln. Dafür haben Sie ca. 20 Minuten zur Verfügung. Abschließend wollen wir Ihre Ergebnisse vorstellen und diskutieren, auch dafür haben wir ca. 20 Minuten Zeit.

Vorstellung Studierende

- Name, Studiengang, Vorerfahrungen mit E-Learning-Angeboten

Spielregeln

- Diskussion wird per Kamera und Mikrofon aufgezeichnet. Die Aufzeichnung des Tons dient der umfangreichen Auswertung. Die Aufzeichnung des Videos dient der Zuordnung der Sprecher.
- Die Aufzeichnungen werden verschriftlicht und dabei anonymisiert. Das bedeutet, den Sprechern werden Zahlen zugeordnet. In der Verschriftlichung werden keine Namen genannt.
- Die Aufzeichnung wird nach der Erläuterung der Spielregeln gestartet.
- Ein Mitglied des Forschungsteams sitzt im Raum neben an und macht sich zum Verlauf der Diskussion Notizen.

- Bitte beachten Sie folgende Regeln während der Diskussion:
 - Bitte lassen Sie einander aussprechen.
 - Die Diskussion dient der Sammlung von Ideen für Anpassungen und wichtigen Einflussfaktoren auf die Akzeptanz dieser Anpassungen. Auch spontane Einfälle können hierzu beitragen, bitte bringen Sie auch diese in die Diskussion ein.
 - Bitte respektieren Sie die Vorschläge der anderen Diskussionsteilnehmer, auch wenn Sie nicht mit diesen übereinstimmen.
 - Versuchen Sie Ihre Ideen an Beispielen zu verdeutlichen.

Grundzüge Dekompositionsmodell der Adaptation

- Modell stellt den Anpassungsprozess dar.
- Prozess beginnt mit der Sammlung von Daten in Form einer Selbsteinschätzung zur Erhebung der aktuellen Lernmotivation.
- Die erhobenen Daten werden ausgewertet, das heißt Selbsteinschätzungen werden bestimmte Muster als Indikatoren für eine sinkende Motivation verwendet.
- Diese Information wird im Nutzermodell gespeichert, hier können auch personenbezogene Daten wie Studiengang, Semester, etc. aber auch Systemdaten wie der Lernfortschritt und eine Lernhistorie gespeichert werden.
- Auf Basis dieser Daten wird entschieden, ob eine Anpassung vorgenommen werden soll und wenn ja, welche Anpassung vorgenommen werden soll.
- Anschließend wird die Anpassung vorgenommen.
- Beispiel Amazon: Daten werden erhoben darüber wonach Sie suchen und was Sie anklicken, diese werden gemeinsam mit Ihren bisherigen Käufen ausgewertet und es werden Empfehlungen vorgeschlagen und Ergebnisse nach Ihren Präferenzen sortiert.
- In der Diskussion wollen wir uns auf den Bereich der Entscheidung, ob eine Anpassung stattfinden soll und welche Form die Anpassung haben soll, beschränken.
- Grundlage für die Anpassung soll die Motivation bilden. Was verstehen Sie unter Motivation? Aus welchen Gründen kann sich Ihrer Meinung nach die Motivation während des Lernens verändern?
 - **Motivation in der Forschung/Wissenschaft:**
 - Motivation ist ein zentrales Konstrukt der Verhaltenserklärung, das Komponenten wie Werte, Erwartungen, Selbstbilder, Affekte/Emotionen oder Willensprozesse umfasst – die Fragen nach dem „Warum“ und „Wozu“ menschlichen Verhaltens sollen durch motivationale Prozesse beantwortet werden.
 - Motivation kann mit Verben wie „wollen“, „wünschen“, „bezwecken“, „beabsichtigen“ oder „hoffen“ assoziiert werden.
 - Geläufige Definition der Motivation: „Aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen positiv bewerteten Zielzustand.“
 - Motivation hat aufsuchende und meidende Komponenten (Hoffnung auf Erfolg sowie Furcht vor Misserfolg), was wiederum zu bestimmten Handlungen führt.
 - Im Lernkontext spielt vor allem die aktuell wirksame Motivation eine große Rolle – hierbei sind Aspekte wie Interesse (situationsspezifisch oder überdauernd), Herausforderung, Erfolgserwartung, Misserfolgsbefürchtung von Bedeutung – ebenso der Anreiz für Lerntätigkeiten (Anreiz in der Handlung an sich – intrinsische Motivation gegenüber Anreiz im Zweck oder Ergebnis der Handlung – extrinsische Motivation).
 - Die aktuelle Motivation ergibt sich aus einer wechselseitigen Beziehung zwischen Personen- und Situationsfaktoren.

- Die aktuelle Motivation wirkt in Verbindung mit Vermittlungsgrößen (z.B. Ausdauer, Lernzeit, emotionaler Zustand während des Lernens, Konzentration) auf die Lernresultate.
- Weiterhin bedeutsam im Lernkontext ist das Konzept der Selbstwirksamkeitserwartung: Überzeugung hinsichtlich eigener Fähigkeiten und Effektivität in einem bestimmten Bereich (Vertrauen in eigene Fähigkeiten, für eine Leistung notwendige Handlungsschritte bewältigen zu können).
- Woran könnte man die Veränderung der Motivation erkennen?
- Wie müsste eine Lernplattform auf diese Motivationsveränderungen reagieren?

Reizargumente

- Wie viele Anpassungen sollte ein System vornehmen?
- Wann sollte das System die Anpassungen vornehmen?
- Ziel ist es, dass die Wissensplattform selbstständig auf Veränderungen der Motivation reagiert. Wie viel Einflussmöglichkeiten, wie viel Kontrolle sollte der Nutzer noch haben?
- Wie könnte man diese Kontrolle umsetzen?
- Wie schätzen Sie den Aspekt der Lernerkontrolle bei dieser Reaktion ein?

Nachfrage-Phase

- Welche der genannten Reaktionen würden Studierende Ihrer Meinung nach akzeptieren?
- Welche der genannten Reaktionen würden Sie persönlich nutzen?

Übergang zu User-as-Wizard

- Erklärung der Vorgehensweise
- Erläuterung der potenziellen Nutzerpersonas
- Beschreibung der zu erstellenden Anpassungstabellen und Storyboards

A3.2 Leitfaden des User as Wizard Experiments

Ablauf des Experiments

Vorstellung Vorgehensweise

Nutzer-Personas

Vorstellung NanoTecLearn

Explorationsphase

Konsolidierungsphase

Abschließende Diskussion

Abschluss

Vorstellung User as Wizard

- User as Wizard ist eine Evaluationsmethode aus dem Forschungsbereich Usability: potenzielle Nutzer eines Systems sollen an einer beispielhaften Aufgabe darstellen, wie sie die Aufgabe lösen würden.
- Grundlage dafür sind fiktive Nutzer mit bestimmten Eigenschaften.
- Teilnehmer der Methode sollen den Lernprozess dieser Nutzer in der NanoTecLearn Plattform beschreiben und dabei darauf eingehen, wie sie auf eine Veränderung der Motivation ihres fiktiven Nutzers reagieren würden.
- Entwickelte Lösung dient als Muster für die Reaktion des Systems.
- Lösung lässt Rückschlüsse darauf zu, welche Aspekte Nutzern wichtig sind, welche Reaktionen als akzeptabel angesehen werden und worauf bei der Darstellung zu achten ist.
- Methode besteht aus zwei Phasen:
 - Explorationsphase: Einteilung in Kleingruppen, Beschäftigung mit den Nutzer-Personas und der Aufgabe, Entwicklung eines Storyboards, welches beschreibt wie sich der fiktive Nutzer verhält und wie das System darauf reagieren sollte, Erarbeitung einer Adaptionstabelle, die zeigt welche Reaktion erfolgt, wenn sich die Motivation in eine bestimmte Richtung ändert.
 - Konsolidierungsphase: Storyboards werden ausgetauscht und von anderen Teilnehmern bewertet.

Nutzer-Personas

- Persona Max:
 - Studiengang: Bachelor Technischen Physik
 - Semester: drittes Semester
 - Interesse: Zahlen und Formeln, Mechanik
 - Nutzungsgrund: anstehende Prüfung
 - Vorwissen: keines
 - Motivation: Bestehen mit minimalem Aufwand
 - Lernstrategie: Last-Minute-Lernen, Technikbasierte Medien, lernt gern allein
 - Druck und Bedrohungswahrnehmung: mittel
 - Ausdauer und Ablenkung: lässt sich wenig ablenken
 - Erfahrungen mit E-Learning: keine
 - Erwartungen an Plattform: strukturierte Bearbeitung von prüfungsrelevanten Inhalten, Konzentration auf prüfungsrelevante Inhalte, interaktive Inhalte, Plattform bietet alle Informationen
 - Hat schon einige Booklets bearbeitet, beginnt neue Lernsession mit Booklet Rasterelektronenmikroskop, hohe Ausgangsmotivation, Motivation sinkt nach Bearbeitung des Kapitels Orientierung

- Persona Lara:
 - Studiengang: Master Wirtschaftsingenieurwesen Schwerpunkt Elektrotechnik
 - Semester: fünftes Semester
 - Interesse: Mikro-Nano-Technik
 - Nutzungsgrund: anstehende Wiederholungsprüfung
 - Vorwissen: gut
 - Motivation: gutes Ergebnis mit mittlerem Aufwand
 - Lernstrategie: Schreiben von Zusammenfassungen, lernt gern in Gruppen, bevorzugt Praxisbezug, Anwendungsbeispiele, Abbildungen
 - Druck und Bedrohungswahrnehmung: hoch
 - Ausdauer und Ablenkung: lässt sich leicht ablenken
 - Erfahrungen mit E-Learning: ja
 - Erwartungen: strukturierte Bearbeitung von prüfungsrelevanten Inhalten, Konzentration auf prüfungsrelevante Inhalte, Plattform bietet alle Informationen, Inhalte sind komprimiert, viele Beispiele
 - Hat schon einige Booklets bearbeitet, beginnt neue Lernsession mit Booklet Rasterelektronenmikroskop, mittlere Ausgangsmotivation, Motivation steigt nach Bearbeitung des Kapitels Orientierung
- Persona Moritz:
 - Studiengang: Master Wirtschaftsingenieurwesen Schwerpunkt Automatisierung
 - Semester: fünftes Semester
 - Interesse: Automatisierungstechnik
 - Nutzungsgrund: Freund studiert Mikro-Nanotechnologie
 - Vorwissen: keines
 - Motivation: Überblickswissen mit geringem Aufwand
 - Lernstrategie: lernt allein, will Praxisbezug, Anwendungsbeispiele, Abbildungen
 - Druck und Bedrohungswahrnehmung: keine
 - Ausdauer und Ablenkung: lässt sich leicht ablenken
 - Erfahrungen mit E-Learning: ja
 - Erwartungen: klare, übersichtliche Struktur, Plattform bietet alle Inhalte, Abbildungen zu verschiedenen Themen
 - Beginnt mit Booklet Rasterelektronenmikroskop, keine weiteren Booklets bearbeitet, mittlere Ausgangsmotivation, Motivation sinkt nach Bearbeitung des Kapitels Orientierung
- Persona Lena:
 - Studiengang: Bachelor Maschinenbau
 - Semester: siebtes Semester
 - Interesse: Mikro-Nano-Technik
 - Nutzungsgrund: Bachelorarbeit im Themenbereich Mikro-Nano-Technik
 - Vorwissen: gut
 - Motivation: sehr gutes Ergebnis mit mittlerem Aufwand
 - Lernstrategie: Schreiben von Zusammenfassungen, lernt allein
 - Druck und Bedrohungswahrnehmung: gering
 - Ausdauer und Ablenkung: lässt sich nicht ablenken
 - Erfahrungen mit E-Learning: keine
 - Erwartungen: übersichtliche Struktur, Überblick zu wichtigen Themen, Verlinkungen
 - Beginnt mit Booklet Rasterelektronenmikroskop, keine weiteren Booklets bearbeitet, hohe Ausgangsmotivation, Motivation steigt nach Bearbeitung des Kapitels Orientierung

Vorstellung NanoTecLearn

- NanoTecLearn besteht aus Booklets, diese umfassen Erklärungen zu einem bestimmten Themengebiet.
- Jedes Booklet ist in folgende sechs Abschnitte unterteilt:
 - Orientierung: Einblick in das Thema des Booklets, Lernziele
 - Theorie: wissenschaftliche Grundlagen
 - Anwendung: Praxisbeispiele, Anwendungsbeispiele der Grundlagen
 - Interaktion: 3D-Modelle, Proben, Formeln zu Anwendung des Wissens
 - Reflexion: Zusammenfassung des Booklets und Wiederholungsaufgaben
 - Quellen: Literatur und Bildnachweise
- In der oberen Navigation kann zwischen verschiedenen Wissenszugängen unterschieden werden, zum einen den Text und Bild basierten Teilen in der Bibliothek und die interaktiven Inhalte in den Proben und Formeln.
- In der unteren Navigation können verschiedene Booklets gewählt werden.
- Innerhalb eines Booklets kann über die linke Navigation zwischen den einzelnen Abschnitten gewechselt werden.

Explorationsphase

- Teilnehmer erhalten das Profil eines potenziellen Nutzers, eine Vorlage für das Storyboard, eine Übersicht aller Booklets und deren empfohlene Reihenfolge sowie Zugang zu NanoTecLearn.
- Potenzielle Nutzer beginnen Lernsession im Kapitel Orientierung des Booklets REM, Ausgangsmotivation und erste Motivationsänderung sind vorgegeben.
- Teilnehmer sollen den weiteren Weg des Nutzers durch das Booklet im Storyboard beschreiben.
- Dabei soll die Motivation zu Beginn der Bearbeitung eines Kapitels und die Motivation nach Bearbeitung des Kapitels vermerkt werden.
- Außerdem muss festgehalten werden, welches Kapitel bearbeitet wurde und welches Kapitel als nächstes von den Nutzern bearbeitet werden soll.
- Zusätzlich soll beschrieben werden, welche Anpassung vorgenommen und warum diese Anpassung gewählt wurde.
- Es darf zu anderen Booklets gesprungen werden, das Booklet Rasterelektronenmikroskop muss vollständig bearbeitet werden, da es prüfungsrelevant ist (nur die Interaktion darf übersprungen werden).
- Anpassungen können für folgende Elemente der Plattform vorgenommen werden
 - Inhalt
 - Verlinkungen
- Diese Elemente können
 - Aus-/ eingebendet
 - Sortiert
 - Hervorgehoben werden

Konsolidierungsphase

- Eine Gruppe erhält das Storyboard der anderen Gruppe sowie das zugehörige Nutzerprofil, 5 Minuten zum Lesen des Storyboards.
- Diskussion der Fragen:
 - Beschreiben Sie den Lernpfad des Nutzers!
 - Welche Anpassungen wurden genutzt?
 - Empfinden Sie die Anpassungen für diesen Nutzer geeignet?
 - Könnten Sie sich vorstellen, ein System zu nutzen, welches sich in dieser Form an Ihre Lernmotivation anpasst?

Abschließende Diskussion

- Welche Faktoren sind Ihrer Meinung nach für den Erfolg der Anpassung ausschlaggebend?
- Welche Faktoren beeinflussen Ihrer Meinung nach die Akzeptanz eines solchen adaptiven Systems?

Abschluss

- Zusammenfassung der Diskussionsergebnisse
- Weiteres Vorgehen
- Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

A3.3 Persona-Vorlagen

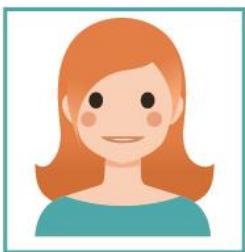
 <p>Max</p> <p>Studiengang: Bachelor Technische Physik Semester: drittes Fachsemester Interesse: Zahlen und Formeln, Mechanik Erfahrungen mit E-Learning: keine Vorwissen: keines</p> <p>Nutzungsgrund: anstehende Prüfung Motivation: Bestehen mit minimalen Aufwand Lernstrategie: Last-Minute, nutzt technikbasierte Medien, lernt gern allein Druck und Bedrohungswahrnehmung: mittel Ablenkung: lässt sich wenig ablenken Erwartungen an die Plattform: strukturierte Bearbeitung von prüfungsrelevanten Inhalten Konzentration auf prüfungsrelevante Inhalte interaktive Inhalte Plattform bietet alle Informationen Ausgangspunkt: hat schon einige Booklets bearbeitet Aktuelle Position: Booklet Rasterelektronenmikroskop, Kapitel Orientierung Ausgangsmotivation: hoch Aktuelle Motivation: mittel (nach Bearbeitung des Kapitels Orientierung)</p>	 <p>Lara</p> <p>Studiengang: Master Wirtschaftsingenieurwesen, Schwerpunkt Elektrotechnik Semester: fünftes Fachsemester Interesse: Mikro-Nano-Technik Erfahrungen mit E-Learning: ja Vorwissen: gut</p> <p>Nutzungsgrund: anstehende erste Wiederholungsprüfung Motivation: gutes Ergebnis mit mittlerem Aufwand Lernstrategie: schreibt von Zusammenfassungen; lernt gern in Gruppen; braucht Praxisbezug, Anwendungsbeispiele, Abbildungen Druck und Bedrohungswahrnehmung: hoch Ablenkung: lässt sich leicht ablenken Erwartungen an die Plattform: strukturierte Bearbeitung von prüfungsrelevanten Inhalten Konzentration auf prüfungsrelevante Inhalte Plattform bietet alle Informationen Plattform motiviert sie Plattform bietet viele Beispiele Ausgangspunkt: hat schon einige Booklets bearbeitet Aktuelle Position: Booklet Rasterelektronenmikroskop, Kapitel Orientierung Ausgangsmotivation: mittel Aktuelle Motivation: hoch (nach Bearbeitung des Kapitels Orientierung)</p>
---	--

Abbildung 74: Persona-Vorlagen Max und Lara der Fokusgruppen mit Studierenden

	<p>Moritz</p> <p>Studiengang: Master Wirtschaftingenieurwesen, Schwerpunkt Automatisierung Semester: fünftes Fachsemester Interesse: Automatisierungstechnik Erfahrungen mit E-Learning: ja Vorwissen: keines</p> <p>Nutzungsgrund: Freund studiert Mikro-Nano-Technologie, möchte mitreden</p> <p>Motivation: Überblickswissen mit geringem Aufwand</p> <p>Lernstrategie: Lernt allein, braucht Praxisbezug, Anwendungsbeispiele, Abbildungen</p> <p>Druck und Bedrohungswahrnehmung: keine</p> <p>Ablenkung: lässt sich leicht ablenken</p> <p>Erwartungen an die Plattform: klare, übersichtliche Struktur Plattform bietet alle Inhalte Abbildungen zu verschiedenen Themen</p> <p>Ausgangspunkt: keine bearbeiteten Booklets</p> <p>Aktuelle Position: Booklet Rasterelektronenmikroskop, Kapitel Orientierung</p> <p>Ausgangsmotivation: mittel</p> <p>Aktuelle Motivation: gering (nach Bearbeitung des Kapitels Orientierung)</p>	<p>Lena</p> <p>Studiengang: Bachelor Maschinenbau Semester: siebtes Fachsemester Interesse: Mikro-Nano-Technik Erfahrungen mit E-Learning: keine Vorwissen: gut</p> <p>Nutzungsgrund: Bachelorarbeit mit leichten Mikro-Nano-Bezug, sucht Überblick über das Thema</p> <p>Motivation: sehr gutes Ergebnis mit mittlerem Aufwand</p> <p>Lernstrategie: Schreiben von Zusammenfassungen; lernt allein</p> <p>Druck und Bedrohungswahrnehmung: gering</p> <p>Ablenkung: lässt sich nicht ablenken</p> <p>Erwartungen an die Plattform: klare, übersichtliche Struktur Überblick zu wichtigen Themen weiterführende Links</p> <p>Ausgangspunkt: keine bearbeiteten Booklets</p> <p>Aktuelle Position: Booklet Rasterelektronenmikroskop, Kapitel Orientierung</p> <p>Ausgangsmotivation: hoch</p> <p>Aktuelle Motivation: sehr hoch (nach Bearbeitung des Kapitels Orientierung)</p>
---	---	--

Abbildung 75: Persona-Vorlagen Moritz und Lena der Fokusgruppen mit Studierenden

A3.4 Storyboard-Template

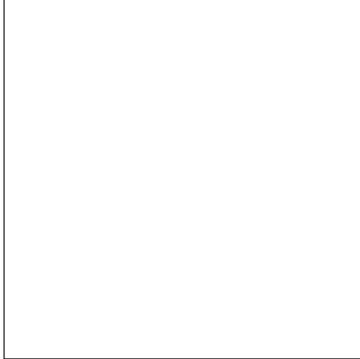
		
Ausgangsmotivation: _____	Ausgangsmotivation: _____	Ausgangsmotivation: _____
Aktuelle Motivation: _____	Aktuelle Motivation: _____	Aktuelle Motivation: _____
Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____
Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____
Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____
Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____
Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____
Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____
Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____
Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____
Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____
Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____
Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____
Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____
Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____	Ausgangsposition: _____
Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____	Aktuelle Position: _____

Abbildung 76: Storyboard-Template des User as Wizard Experiments

A3.5 Vorlage des Beobachtungsprotokolls

Hinweise zur Durchführung der Beobachtung

1. Füllen Sie vor der Beobachtung die allgemeinen Angaben in Teil 1 des Bogens aus.
2. Füllen Sie während der Beobachtung Teil 2 (a-c) aus. Gehen Sie wie folgt vor:
 - Machen Sie sich mit der Verwendung und den Kategorien vor der Beobachtung vertraut!
 - Füllen Sie für jedes Ereignis, bei dem sich das Rollenverhalten ändert, eine Zeile aus.
 - Unter Sonstiges können Sie Auffälligkeiten zu einzelnen Probanden notieren (ggf. Bezug zum Sitzplan herstellen).
3. Geben Sie in Teil 3 nach Ende der Beobachtung Ihre allgemeinen Kommentare zur beobachteten Fokusgruppe ab.

Teil 1: Allgemeine Angaben (vor der Beobachtung ausfüllen)

Datum:	Fokusgruppe:	Beob. Beginn – Ende:
Anzahl Beobachter inkl. Moderator:	Fokusgruppengröße:	Männlich: Weiblich:

Erläuterung zu den Rollenaspekten

Studierende / Probanden	Verhalten
Kooperieren	geben Hilfestellung
Kommunizieren	sachliches Argumentieren
Entscheiden	treffen bewusst Entscheidungen
sind produktiv	zeigen Eigeninitiative Selbstständigkeit entwickeln eigene konkrete Ideen Kreativität
sind passiv	wirken unbeteiligt sind teilnahmslos
sind interessiert	stellen weiterführende Fragen aufmerksam häufige Wortmeldungen

Teil 2a: Verlaufsbeobachtung abstrakte Diskussionsphase (während der Beobachtung ausfüllen)

			kooperieren	kommunizieren	entscheiden	sind produktiv	sind passiv	sind interessiert	
Zeit min	Was passiert gerade? (Themen, Aufgabenstellung, etc.)	Wie geschieht es? (Gruppendynamik, Methoden, Medien)	Rollenaspekte Studierende (Probanden)					Sonstiges/ weitere Kommentare	

Teil 2b: Verlaufsbeobachtung Exploration (während der Beobachtung ausfüllen)

			kooperieren	kommunizieren	entscheiden	sind produktiv	sind passiv	sind interessiert	
Zeit min	Was passiert gerade? (Themen, Aufgabenstellung, etc.)	Wie geschieht es? (Gruppendynamik, Methoden, Medien)	Rollenaspekte Studierende (Probanden)					Sonstiges/ weitere Kommentare	

Teil 2c: Verlaufsbeobachtung Konsolidierung (während der Beobachtung ausfüllen)

			kooperieren	kommunizieren	entscheiden	sind produktiv	sind passiv	sind interessiert	
Zeit min	Was passiert gerade? (Themen, Aufgabenstellung, etc.)	Wie geschieht es? (Gruppendynamik, Methoden, Medien)	Rollenaspekte Studierende (Probanden)					Sonstiges/ weitere Kommentare	

Teil 3: Allgemeine Kommentare

Anmerkungen / Probleme bei der Durchführung:
--

A3.6 Kategoriensystem der qualitativen Inhaltsanalyse

Tabelle 176: Kategoriensystem der Fokusgruppen mit Studierenden

Hauptkategorie	Unterkategorie
1 Lernmotivation	1.1 Interesse 1.2 Zielerreichung 1.3 Einflussfaktoren, Umweltbedingungen 1.4 Steigende Motivation 1.5 Sinkende Motivation
2 Adaptation und Anforderungen an die Lernplattform	2.1 Begriffsdefinitionen, Quellenbezüge 2.2 Lernfortschrittskontrolle 2.3 Gliederung, Navigation 2.4 Inhaltsanpassung 2.4.1 Textanpassungen 2.4.2 Zusammenfassungen 2.4.3 Lernvideos 2.4.4 Interaktive Elemente 2.4.5 Gamification 2.5 Aufgaben, Lösungsdarstellungen 2.6 Adaptationsdarstellung 2.6.1 Pop-Ups, Mouseover 2.6.2 Icons, Symbole 2.7 Lernstrategien, Lerngewohnheiten 2.8 Lernplanung, Zeitmanagement 2.9 Personalisierung 2.10 Feedbackmechanismen
3 Sonstige Aspekte	3.1 Kontrolle der Lernenden 3.2 Überwachung, Datenschutz 3.3 App-Version

A4 Expertenfokusgruppe

A4.1 Leitfaden der Fokusgruppendiskussion

Ablauf der Diskussion

Vorstellung Moderator, Untersuchungsziel

Vorstellung NanoTecLearn Plattform

Leitfragen

Abschluss

Vorstellung Moderator, Untersuchungsziel

- Vorstellung Moderator
- Untersuchungsziel: Erfassung von Motivationszuständen, auf Grund deren sich Wissensplattform NanoTecLearn anpassen soll
- NanoTecLearn: Lernplattform für Studierende, die sich mit Thema Mikro-Nano-Integration befassen, auch von Unternehmen zur Aus- und Weiterbildung eingesetzt
- Ziel des Projektes: prototypische Umwandlung der NanoTecLearn Plattform in eine adaptive Lernplattform für Studierende der TU Ilmenau
- Ziel des Interviews: Expertensicht auf Anpassung der Wissensplattform, Beantwortung der Fragen:
 - Wann soll die Anpassung stattfinden?
 - Was soll die Anpassung beinhalten?
 - Wie soll die Anpassung aussehen?
 - Welche Faktoren beeinflussen die Akzeptanz von Anpassungen?
- Dauer des Interviews ca. 45 Minuten
- Ablauf des Interviews:
 - Kurzvorstellung der NanoTecLearn Plattform
 - Leitfragen zu Adaptionen
 - Abschluss

Vorstellung NanoTecLearn Plattform

- Struktur: Booklets repräsentieren verschiedene Themenblöcke aus dem Gebiet Mikro-Nano-Integration
- Jedes Booklet ist in folgende sechs Abschnitte unterteilt:
 - Orientierung: Einblick in das Thema des Booklets, Lernziele
 - Theorie: wissenschaftliche Grundlagen
 - Anwendung: Praxisbeispiele, Anwendungsbeispiele der Grundlagen
 - Interaktion: 3D-Modelle, Proben, Formeln zu Anwendung des Wissens
 - Reflexion: Zusammenfassung des Booklets und Wiederholungsaufgaben
 - Quellen: Literatur und Bildnachweise
- Drei Navigationsleisten: unten für die Auswahl der Booklets oder der Interaktionen, links für die Auswahl der Kapitel innerhalb eines Booklets, Suche und Wissenszugänge oben
- Drei Wissenszugänge: Text und Bild, interaktive Formeln und interaktive Proben
- Interaktive Formeln: Parameter verstehen und Auswirkungen sehen
- Interaktive Proben: ein- und auszoomen, Messungen

Leitfragen

- Wie müsste ein adaptives NanoTecLearn auf Motivationsveränderungen reagieren?
 - Welche Anpassungsmöglichkeiten können Sie sich für eine E-Learning Plattform vorstellen?
 - Welche Voraussetzungen müssen Ihrer Meinung nach gegeben sein, damit Anpassungen auf der NanoTecLearn Plattform erfolgreich sind?
- Wie viele Anpassungen sollte die adaptive NanoTecLearn Plattform (gleichzeitig) vornehmen?
- Wann sollte die adaptive Plattform die Anpassungen vornehmen?
- Ziel ist es, dass die Plattform selbstständig auf Veränderungen der Motivation reagiert. Wie viel Einflussmöglichkeiten, wie viel Kontrolle sollte der Nutzer noch haben?
- Wie könnte man diese Kontrolle umsetzen?

Vorstellung der drei Adaptionstechniken (Link Annotation, Direct Guidance, Agent)

- Wie schätzen Sie die Anpassungsreaktionen ein?
- Sind diese drei Techniken didaktisch sinnvoll?
 - Wie könnte man die Anpassung verbessern?
 - Wie sollte ein pädagogischer Agent aussehen?

A4.2 Kategoriensystem der qualitativen Inhaltsanalyse

Tabelle 177: Kategoriensystem der Expertenfokusgruppe

Hauptkategorie	Unterkategorie
1 NanoTecLearn Content	1.1 Texte 1.2 Interaktive Elemente
2 Umsetzung der Adaptation	2.1 Machbarkeit, Darstellbarkeit 2.2 Aufwand der Implementierung
3 Inhaltsbasierte Adaptation	3.1 Zusammenfassungen 3.2 Wissenstests, Vorwissensabfragen 3.3 Lernfortschrittskontrolle 3.4 Gamification
4 Adaptive Navigationsunterstützung	4.1 Vorschlagssystem 4.2 Geführte Instruktion 4.3 Pädagogischer Agent
5 Anpassung an Motivationsänderungen	
6 Kontrollempfinden	

A5 Adaptationstechniken Vergleichsstudie

A5.1 String of Pearls Modell der Reihenfolge der NanoTecLearn Booklets

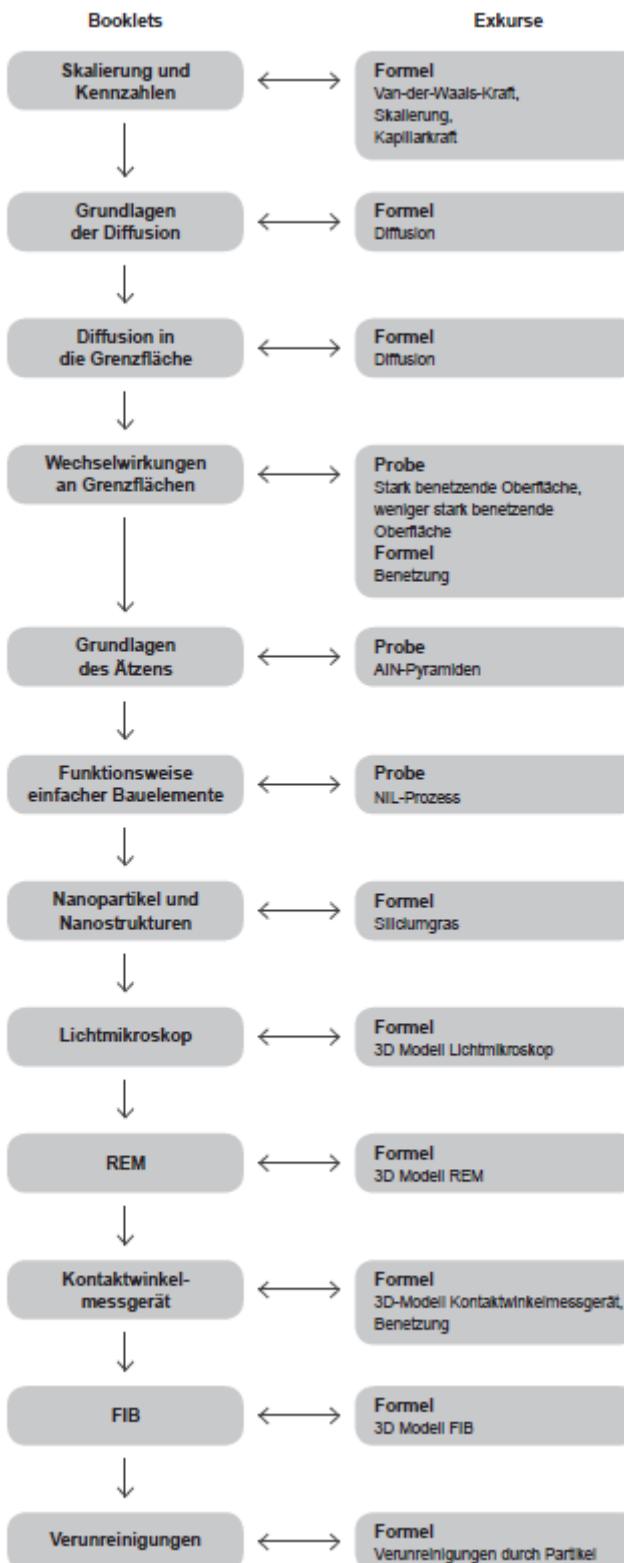


Abbildung 77: String of Pearls Modell zur Visualisierung der Booklet-Reihenfolge und zugehörigen Exkurse (eigene Darstellung)

A5.2 Fragebogen der Adaptationstechniken Vergleichsstudie

Zu Beginn des Fragebogens wollen wir Sie bitten, ein paar Angaben zu Ihrer Person zu machen.

Bitte geben Sie Ihr Alter an. _____

In welchem Fachsemester befinden Sie sich? _____

Bitte geben Sie Ihren angestrebten Abschluss an.

- Bachelor Master

Bitte geben Sie Ihren Studiengang an.

- Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft
- Biomedizinische Technik
- Biotechnische Chemie
- Elektrotechnik und Informationstechnik
- Maschinenbau
- Mechatronik
- Medientechnologie
- Medienwirtschaft
- Micro- and Nanotechnologies
- Miniaturisierte Biotechnologie
- Optronik
- Technische Physik
- Werkstoffwissenschaft
- Wirtschaftsingenieurwesen
- Sonstiges

Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.

- Männlich
- Weiblich
- Keine Angabe

Ist Deutsch Ihre Muttersprache?

- Ja
- Nein

Haben Sie schon einmal mit der NanoTecLEarn-Plattform gearbeitet?

- Ja
- Nein

Wie gut schätzen Sie Ihr Vorwissen im Bereich Mikrotechnik auf einer fünfstufigen Skala an („gar kein Vorwissen“ bis „sehr hohes Vorwissen“)?

- Gar kein Vorwissen
- Wenig
- Durchschnittliches
- Hohes
- Sehr hohes Vorwissen

Wie gut schätzen Sie Ihr Vorwissen zum Thema „Kontaktwinkelmessgerät“ auf einer fünfstufigen Skala an („gar kein Vorwissen“ bis „sehr hohes Vorwissen“)?

- Gar kein Vorwissen
- Wenig
- Durchschnittliches
- Hohes
- Sehr hohes Vorwissen

Aufgabe

Sie werden nachfolgend mit der NanoTecLearn-Plattform ein Kapitel zum Thema „**Kontaktwinkelmessgerät**“ bearbeiten. Dazu werden Sie verschiedene Texte lesen, mit interaktiven Elementen arbeiten und anschließend Ihr Wissen mit Kontrollfragen reflektieren.

Nun wollen wir wissen, wie Ihre momentane Einstellung zu der beschriebenen Aufgabe ist. Dazu finden Sie nachfolgend Aussagen. Kreuzen Sie bitte jene Aussage an, die am besten auf Sie passt.

Es gibt keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort. Ihre persönliche Meinung zählt.

Bitte kreuzen Sie an, inwiefern die folgenden Aussagen auf Sie zutreffen.

	Trifft überhaupt nicht zu	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Teils/ teils	Trifft eher zu	Trifft zu	Trifft voll zu
Wahrscheinlich werde ich diese Aufgabe nicht schaffen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, den Schwierigkeiten dieser Aufgabe gewachsen zu sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die konkreten Leistungsanforderungen hier lämmen mich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diese Art von Aufgaben ist sehr interessant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei dieser Aufgabe/Fragestellung mag ich die Rolle des Lernenden, der Zusammenhänge entdeckt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich mag solche Aufgaben und/oder Fragestellungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, das kann jeder schaffen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es wäre mir etwas peinlich hier zu versagen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich fühle mich unter Druck, jetzt gut abschneiden zu müssen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich diese Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Leistung sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diese Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bin fest entschlossen, mich voll anzustrengen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich zureckkommen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sie haben von der Versuchsleitung eine Probandennummer zugewiesen bekommen. Bitte tragen Sie diese Nummer hier ein _____

Bitte loggen Sie sich mit der Ihnen zugewiesenen Nummer auf der NanoTecLearn-Plattform ein.

Sie befinden sich nun auf der Startseite der NanoTecLearn-Plattform. Begeben Sie sich zum Kapitel „**Kontaktwinkelmessgerät**“ und bearbeiten Sie dessen Inhalte für **mindestens 30 Minuten**. Sollten Sie dabei mehrfach zum selben Abschnitt geführt werden, arbeiten Sie diesen bitte erneut durch.

Bei Unklarheiten und Fragen wenden Sie sich bitte an Ihre Versuchsleitung.

Im Folgenden werden Ihnen Aussagen zur E-Learning Plattform NanoTecLearn präsentiert.

Bitte kreuzen Sie an, inwiefern Sie den folgenden Aussagen zustimmen („stimme nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“).

	Stimme nicht zu	Stimme eher nicht zu	Teils/Teils	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
Angenommen ich habe Zugang zu NanoTecLearn, dann beabsichtige ich es zu nutzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich Zugang zu NanoTecLearn habe, sage ich voraus, dass ich es nutzen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Nutzung von NanoTecLearn verbessert meine Studienleistung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Nutzung von NanoTecLearn erhöht die Produktivität meiner Studienarbeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Nutzung von NanoTecLearn steigert die Effektivität meiner Studienarbeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde NanoTecLearn nützlich für mein Studium.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Umgang mit NanoTecLearn ist für mich klar und verständlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Umgang mit NanoTecLearn erfordert von mir keine große geistige Anstrengung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde NanoTecLearn leicht zu bedienen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde, NanoTecLearn macht ohne Probleme das, was ich möchte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wie schätzen Sie die NanoTecLearn-Plattform insgesamt ein?

Bitte geben Sie Ihre Beurteilung ab.

Um die NanoTecLearn-Plattform zu bewerten, füllen Sie bitte den nachfolgenden Fragebogen aus. Er besteht aus Gegensatzpaaren von Eigenschaften, welche die Lernplattform haben kann. Abstufungen zwischen den Gegensatzpaaren sind durch Kreise dargestellt. Durch Ankreuzen eines dieser Kreise können Sie Ihre Zustimmung zu einem Begriff äußern.

Beispiel:

Attraktiv Unattraktiv

Mit dieser Beurteilung sagen Sie aus, dass Sie die Lernplattform eher attraktiv als unattraktiv einschätzen.

Entscheiden Sie möglichst spontan. Es ist wichtig, dass Sie nicht lange über die Begriffe nachdenken, damit Ihre unmittelbare Einschätzung zum Tragen kommt.

Bitte kreuzen Sie immer eine Antwort an, auch wenn Sie bei der Einschätzung zu einem Begriffspaar unsicher sind oder finden, dass es nicht so gut zur Lernplattform passt.

Unerfreulich	<input type="radio"/>	Erfreulich						
Unverständlich	<input type="radio"/>	Verständlich						
Kreativ	<input type="radio"/>	Phantasielos						
Leicht zu lernen	<input type="radio"/>	Schwer zu lernen						
Wertvoll	<input type="radio"/>	Minderwertig						
Langweilig	<input type="radio"/>	Spannend						
Uninteressant	<input type="radio"/>	Interessant						
Unberechenbar	<input type="radio"/>	Voraussagbar						
Schnell	<input type="radio"/>	Langsam						
Originell	<input type="radio"/>	Konventionell						
Behindern	<input type="radio"/>	Unterstützend						
Gut	<input type="radio"/>	Schlecht						
Kompliziert	<input type="radio"/>	Einfach						
Abstoßend	<input type="radio"/>	Anziehend						
Herkömmlich	<input type="radio"/>	Neuartig						
Unangenehm	<input type="radio"/>	Angenehm						
Sicher	<input type="radio"/>	Unsicher						
Aktivierend	<input type="radio"/>	Einschläfernd						
Erwartungskonform	<input type="radio"/>	Nicht erwartungskonform						
Ineffizient	<input type="radio"/>	Effizient						
Übersichtlich	<input type="radio"/>	Verwirrend						
Unpragmatisch	<input type="radio"/>	Pragmatisch						
Aufgeräumt	<input type="radio"/>	Überladen						
Attraktiv	<input type="radio"/>	Unattraktiv						
Sympathisch	<input type="radio"/>	Unsympathisch						
Konservativ	<input type="radio"/>	Innovativ						

Mit welcher Version der NanoTecLearnplattform haben Sie gearbeitet?

Bitte wählen Sie nur eine Variante aus.

Fragen Sie bei Bedarf nach, wenn Sie sich nicht sicher sind.

- NTL – Zum Ende des jeweils bearbeiteten Abschnitts muss eine Einschätzung zur aktuellen Motivation abgegeben werden. Daraufhin kann normal weiter mit der Lernplattform gearbeitet werden.
- NTL: LA – Zum Ende des jeweils bearbeiteten Abschnitts muss eine Einschätzung zur aktuellen Motivation abgegeben werden. Daraufhin wird ein Vorschlag eines empfohlenen Nachfolgekapitels angezeigt. Diesem kann, muss jedoch nicht, gefolgt werden.
- NTL: DG – Zum Ende des jeweils bearbeiteten Abschnitts muss eine Einschätzung zur aktuellen Motivation abgegeben werden. Daraufhin erscheint das passende Nachfolgekapitel zur weiteren Bearbeitung
- NTL: AG – Die Lernplattform beinhaltet pro Abschnitt eine Einschätzung der aktuellen Motivation. Diese ist über das Agenten-Symbol im rechten oberen Bildausschnitt zu erreichen. Nach Abgabe der Einschätzung werden mögliche Empfehlungen für Nachfolgekapitel ausgesprochen.

Wie schätzen Sie Ihre Kontrolle über die Lernplattform NanoTecLearn ein?

Bitte geben Sie auf einer fünfstufigen Skala (von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“) an, inwiefern Sie den folgenden Aussagen zustimmen.

Es gibt keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort. Ihre persönliche Meinung zählt.

	Stimme nicht zu	Stimme eher nicht zu	Teils/Teils	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
Ich habe das Gefühl, die volle Kontrolle über die Benutzeroberfläche zu haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es ist einfach, die Benutzeroberfläche zu kontrollieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Benutzeroberfläche unterstützt eine komfortable Systemnutzung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Benutzeroberfläche vermeidet unnötige Benutzereingaben und Interaktionsschritte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wie schätzen Sie Ihre Kontrolle über die Version Link Annotation der Lernplattform NanoTecLearn ein?

Bitte geben Sie auf einer fünfstufigen Skala (von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“) an, inwiefern Sie den folgenden Aussagen zustimmen.

Es gibt keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort. Ihre persönliche Meinung zählt.

	Stimme nicht zu	Stimme eher nicht zu	Teils/Teils	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
Ich habe das Gefühl, die volle Kontrolle über die Benutzeroberfläche und deren Anpassungen zu haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es ist einfach, die Benutzeroberfläche und deren Anpassungen zu kontrollieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Benutzeroberfläche unterstützt eine komfortable Systemnutzung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Benutzeroberfläche vermeidet unnötige Benutzereingaben und Interaktionsschritte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung, im Sinne eines Vorschlags für ein empfohlenes Nachfolgekapitel, vorgenommen wurde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung unterbrochen oder unterbunden werden kann.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wie schätzen Sie Ihre Kontrolle über die Version Direct Guidance der Lernplattform NanoTecLearn ein?

Bitte geben Sie auf einer fünfstufigen Skala (von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“) an, inwiefern Sie den folgenden Aussagen zustimmen.

Es gibt keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort. Ihre persönliche Meinung zählt.

	Stimme nicht zu	Stimme eher nicht zu	Teils/Teils	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
Ich habe das Gefühl, die volle Kontrolle über die Benutzeroberfläche und deren Anpassungen zu haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es ist einfach, die Benutzeroberfläche und deren Anpassungen zu kontrollieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Benutzeroberfläche unterstützt eine komfortable Systemnutzung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Benutzeroberfläche vermeidet unnötige Benutzereingaben und Interaktionsschritte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung bzw. Navigation zu einem passenden Nachfolgekapitel, vorgenommen wurde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung unterbrochen oder unterbunden werden kann.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wie schätzen Sie Ihre Kontrolle über die Version Agent der Lernplattform NanoTecLearn ein?

Bitte geben Sie auf einer fünfstufigen Skala (von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“) an, inwiefern Sie den folgenden Aussagen zustimmen.

Es gibt keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort. Ihre persönliche Meinung zählt.

	Stimme nicht zu	Stimme eher nicht zu	Teils/Teils	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
Ich habe das Gefühl, die volle Kontrolle über die Benutzeroberfläche und deren Anpassungen zu haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es ist einfach, die Benutzeroberfläche und deren Anpassungen zu kontrollieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Benutzeroberfläche unterstützt eine komfortable Systemnutzung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Benutzeroberfläche vermeidet unnötige Benutzereingaben und Interaktionsschritte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung durch den Agenten vorgenommen wurde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung unterbrochen oder unterbunden werden kann.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Waren Ihre Anpassungen und Vorschläge beim Lernen mit der NanoTecLearn-Plattform für Sie inhaltlich passend?

Bitte geben Sie an, ob Ihnen die Adaptationen (sofern Sie welche bemerkt haben) gefallen haben und diese für Ihren Lernprozess hilfreich waren.

A large, empty rectangular box with a thin gray border, designed for the respondent to write their answer to the previous question.

Gab es Probleme und/oder Schwierigkeiten, die Ihnen bei der Bearbeitung des Kapitels „Kontaktwinkelmessgerät“ aufgefallen sind?

Wenn ja, dann beschreiben Sie diese bitte kurz.

A large, empty rectangular box with a thin gray border, designed for the respondent to write their answer to the previous question.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

Bitte gehen Sie nun kurz zu Ihrer Versuchsleitung. Sie erhalten ein Formular für die Überweisung Ihres Probandenhonorars.

A5.3 Statistische Auswertung

Zusätzliche Angaben zur Häufigkeitsanalyse der demographischen Daten

Tabelle 178: Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter und Fachsemester

Konstrukt	M	SD
Alter ^a	24.42	3.79
Fachsemester ^b	5.79	4.05

Anmerkungen. N=132. ^a Min=19, Max=48; ^b Min=1, Max=25

Tabelle 179: Häufigkeitsanalyse von Geschlecht, Studiengang und Abschluss

Konstrukt	Häufigkeit	Prozent
Geschlecht		
Männlich	67	50,8
Weiblich	65	49,2
Studiengang		
Biomedizinische Technik	12	9,1
Elektrotechnik/Informationstechnik	8	6,1
Maschinenbau	4	3,0
Mechatronik	5	3,8
Micro- and Nanotechnologies	1	0,8
Optronik	2	1,5
Technische Physik	2	1,5
Werkstoffwissenschaft	1	0,8
Wirtschaftsingenieurwesen	11	8,3
Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft	42	31,8
Medienwirtschaft	12	9,1
Medientechnologie	9	6,8
Sonstiges	23	17,4
Abschluss		
Bachelor	77	58,3
Master	51	38,6
Diplom	1	0,8
Promotion	3	2,3

Anmerkungen. N=132

Zusätzliche Angaben zur Häufigkeitsanalyse der Fragebogeninstrumente

Tabelle 180: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM der Kontrollgruppenversion

Item (Faktor)	M	SD
Diese Art von Aufgaben ist sehr interessant. (I)	5.21	0.99
Bei dieser Aufgabe/Fragestellung mag ich die Rolle des Lernenden, der Zusammenhänge entdeckt. (I)	5.33	0.99
Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß. (I)	4.09	1.16
Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten. (I)	3.21	1.76
Ich mag solche Aufgaben und/oder Fragestellungen. (I)	4.73	1.21
Wenn ich diese Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Leistung sein. (H)	4.76	1.12
Diese Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich. (H)	4.06	1.46
Ich bin fest entschlossen, mich voll anzustrengen. (H)	6.06	0.86
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich zureckkommen werde. (H)	5.97	1.13
Wahrscheinlich werde ich diese Aufgabe nicht schaffen.* (E)	5.24	1.44
Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.* (E)	5.33	1.45
Ich glaube, den Schwierigkeiten dieser Aufgabe gewachsen zu sein. (E)	4.85	1.28
Ich glaube, das kann jeder schaffen. (E)	4.82	1.21
Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich. (M)	2.18	1.13
Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt. (M)	2.36	1.94
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte. (M)	2.58	1.52
Es wäre mir etwas peinlich hier zu versagen. (M)	3.03	1.67
Ich fühle mich unter Druck, jetzt gut abschneiden zu müssen. (M)	2.27	1.21

Anmerkungen. N=33. I – Interesse; H – Herausforderung; E – Erfolgswahrscheinlichkeit; M – Misserfolgsbefürchtung.
Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 181: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Technologieakzeptanz der Kontrollgruppenversion

Item (Faktor)	M	SD
Angenommen ich habe Zugang zu NanoTecLearn, dann beabsichtige ich es zu nutzen. (I)	3.39	1.44
Wenn ich Zugang zu NanoTecLearn habe, sage ich voraus, dass ich es nutzen werde. (I)	3.06	1.37
Die Nutzung von NanoTecLearn verbessert meine Studienleistung. (N)	3.18	1.38
Die Nutzung von NanoTecLearn erhöht die Produktivität meiner Studienarbeit. (N)	3.15	1.42
Die Nutzung von NanoTecLearn steigert die Effektivität meiner Studienarbeit. (N)	3.12	1.39
Ich finde NanoTecLearn nützlich für mein Studium. (N)	2.91	1.51
Der Umgang mit NanoTecLearn ist für mich klar und verständlich. (B)	4.15	1.03
Der Umgang mit NanoTecLearn erfordert von mir keine große geistige Anstrengung. (B)	3.58	1.03
Ich finde NanoTecLearn leicht zu bedienen. (B)	4.27	0.98
Ich finde NanoTecLearn macht ohne Probleme das, was ich möchte. (B)	4.21	0.99

Anmerkungen. N=33. I - Intention; N – Wahrgenommener Nutzen; B – Wahrgenommene Bedienbarkeit. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 182: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Kontrollempfindens der Kontrollgruppenversion

Item (Faktor)	M	SD
Ich habe das Gefühl, die volle Kontrolle über die Benutzeroberfläche zu haben. (C)	4.27	0.72
Es ist einfach, die Benutzeroberfläche zu kontrollieren. (C)	4.45	0.71
Die Benutzeroberfläche unterstützt eine komfortable Systemnutzung. (CU)	4.33	0.65
Die Benutzeroberfläche vermeidet unnötige Benutzereingaben und Interaktionsschritte. (CU)	4.09	0.98

Anmerkungen. N=33. C – Controllability; CU – Comfort of Use. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 183: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des UEQ der Kontrollgruppenversion

Item (Faktor)	M	SD
Gut – Schlecht (A)	6.21	0.89
Sympathisch – Unsympathisch (A)	5.24	1.23
Attraktiv – Unattraktiv (A)	5.58	1.35
Unangenehm – Angenehm* (A)	5.73	1.21
Abstoßend – Anziehend* (A)	4.91	1.31
Unerfreulich – Erfreulich* (A)	5.48	1.25
Schnell – Langsam (E)	5.94	1.17
Aufgeräumt – Überladen (E)	5.85	1.00
Unpragmatisch – Pragmatisch* (E)	5.21	0.99
Ineffizient – Effizient* (E)	5.82	1.13
Leicht zu lernen – Schwer zu lernen (D)	5.91	1.07
Unverständlich – Verständlich* (D)	6.03	1.08
Kompliziert – Einfach* (D)	5.82	1.01
Übersichtlich – Verwirrend (D)	5.76	1.25
Unberechenbar – Voraussagbar* (Ste)	5.24	1.17
Sicher – Unsicher (Ste)	6.09	0.81
Erwartungskonform – Nicht erwartungskonform (Ste)	5.03	1.43
Behindernd – Unterstützend* (Ste)	5.82	1.07
Wertvoll – Minderwertig (Sti)	5.45	1.00
Aktivierend – Einschläfernd (Sti)	4.91	1.51
Langweilig – Spannend* (Sti)	4.76	1.54
Uninteressant – Interessant* (Sti)	5.64	1.34
Kreativ – Phantasielos (O)	5.15	1.35
Originell – Konventionell (O)	4.64	1.62
Herkömmlich – Neuartig* (O)	4.70	1.69
Konservativ – Innovativ* (O)	4.91	1.77

Anmerkungen. N=33. A – Attraktivität; E – Effizienz; D – Durchschaubarkeit; Ste – Steuerbarkeit; Sti – Stimulation; O – Originalität. Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 184: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM der Link Annotation-Version

Item (Faktor)	M	SD
Diese Art von Aufgaben ist sehr interessant. (I)	4.76	1.52
Bei dieser Aufgabe/Fragestellung mag ich die Rolle des Lernenden, der Zusammenhänge entdeckt. (I)	5.06	1.25
Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß. (I)	3.88	1.50
Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten. (I)	3.82	1.76
Ich mag solche Aufgaben und/oder Fragestellungen. (I)	4.70	1.51
Wenn ich diese Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Leistung sein. (H)	4.97	1.31
Diese Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich. (H)	3.82	1.26
Ich bin fest entschlossen, mich voll anzustrengen. (H)	5.42	1.00
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich zurechtkommen werde. (H)	6.00	1.06
Wahrscheinlich werde ich diese Aufgabe nicht schaffen.* (E)	5.27	1.40
Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.* (E)	5.42	1.37
Ich glaube, den Schwierigkeiten dieser Aufgabe gewachsen zu sein. (E)	4.94	1.39
Ich glaube, das kann jeder schaffen. (E)	4.55	1.35
Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich. (M)	2.45	1.09
Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt. (M)	2.70	1.40
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte. (M)	2.97	1.63
Es wäre mir etwas peinlich hier zu versagen. (M)	3.45	1.46
Ich fühle mich unter Druck, jetzt gut abschneiden zu müssen. (M)	2.94	1.39

Anmerkungen. N=33. I – Interesse; H – Herausforderung; E – Erfolgswahrscheinlichkeit; M – Misserfolgsbefürchtung. Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 185: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Technologieakzeptanz der Link Annotation-Version

Item (Faktor)	M	SD
Angenommen ich habe Zugang zu NanoTecLearn, dann beabsichtige ich es zu nutzen. (I)	3.76	1.28
Wenn ich Zugang zu NanoTecLearn habe, sage ich voraus, dass ich es nutzen werde. (I)	3.45	1.35
Die Nutzung von NanoTecLearn verbessert meine Studienleistung. (N)	3.12	1.41
Die Nutzung von NanoTecLearn erhöht die Produktivität meiner Studienarbeit. (N)	3.33	1.36
Die Nutzung von NanoTecLearn steigert die Effektivität meiner Studienarbeit. (N)	3.21	1.34
Ich finde NanoTecLearn nützlich für mein Studium. (N)	3.21	1.50
Der Umgang mit NanoTecLearn ist für mich klar und verständlich. (B)	3.85	0.94
Der Umgang mit NanoTecLearn erfordert von mir keine große geistige Anstrengung. (B)	3.33	1.08
Ich finde NanoTecLearn leicht zu bedienen. (B)	4.09	0.84
Ich finde NanoTecLearn macht ohne Probleme das, was ich möchte. (B)	3.97	0.92

Anmerkungen. N=33. I - Intention; N – Wahrgenommener Nutzen; B – Wahrgenommene Bedienbarkeit. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 186: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Kontrollempfindens der Link Annotation-Version

Item (Faktor)	M	SD
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung, im Sinne eines Vorschlags für ein empfohlenes Nachfolgekapitel vorgenommen wurde. (T)	3.16	1.11
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung unterbrochen oder unterbunden werden kann. (T)	2.81	1.09
Ich habe das Gefühl, die volle Kontrolle über die Benutzeroberfläche zu haben. (C)	4.03	0.65
Es ist einfach, die Benutzeroberfläche zu kontrollieren. (C)	4.13	0.61
Die Benutzeroberfläche unterstützt eine komfortable Systemnutzung. (CU)	4.06	0.71
Die Benutzeroberfläche vermeidet unnötige Benutzereingaben und Interaktionsschritte. (CU)	4.03	0.78

Anmerkungen. N=33. T – Transparency; C – Controllability; CU – Comfort of Use. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 187: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des UEQ der Link Annotation-Version

Item (Faktor)	M	SD
Gut – Schlecht (A)	6.24	0.71
Sympathisch – Unsympathisch (A)	5.76	1.09
Attraktiv – Unattraktiv (A)	5.73	1.07
Unangenehm – Angenehm* (A)	5.94	1.00
Abstoßend – Anziehend* (A)	5.36	1.14
Unerfreulich – Erfreulich* (A)	5.64	1.25
Schnell – Langsam (E)	5.76	1.25
Aufgeräumt – Überladen (E)	5.48	1.66
Unpragmatisch – Pragmatisch* (E)	5.03	1.31
Ineffizient – Effizient* (E)	5.94	0.86
Leicht zu lernen – Schwer zu lernen (D)	5.67	1.24
Unverständlich – Verständlich* (D)	5.67	1.27
Kompliziert – Einfach* (D)	5.30	1.16
Übersichtlich – Verwirrend (D)	5.33	1.59
Unberechenbar – Voraussagbar* (Ste)	5.12	0.93
Sicher – Unsicher (Ste)	5.82	1.01
Erwartungskonform – Nicht erwartungskonform (Ste)	5.12	0.99
Behindernd – Unterstützend* (Ste)	5.91	0.98
Wertvoll – Minderwertig (Sti)	6.00	0.87
Aktivierend – Einschläfernd (Sti)	4.94	1.56
Langweilig – Spannend* (Sti)	5.36	1.27
Uninteressant – Interessant* (Sti)	5.97	1.19
Kreativ – Phantasielos (O)	5.42	1.20
Originell – Konventionell (O)	4.94	1.44
Herkömmlich – Neuartig* (O)	4.94	1.60
Konservativ – Innovativ* (O)	5.55	1.20

Anmerkungen. N=33. A – Attraktivität; E – Effizienz; D – Durchschaubarkeit; Ste – Steuerbarkeit; Sti – Stimulation; O – Originalität. Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgedeutet

Tabelle 188: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM der Direct Guidance-Version

Item (Faktor)	M	SD
Diese Art von Aufgaben ist sehr interessant. (I)	4.91	1.28
Bei dieser Aufgabe/Fragestellung mag ich die Rolle des Lernenden, der Zusammenhänge entdeckt. (I)	5.24	1.20
Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß. (I)	3.67	1.36
Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten. (I)	3.58	1.92
Ich mag solche Aufgaben und/oder Fragestellungen. (I)	4.76	1.76
Wenn ich diese Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Leistung sein. (H)	5.03	1.57
Diese Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich. (H)	4.03	1.61
Ich bin fest entschlossen, mich voll anzustrengen. (H)	5.36	1.50
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich zurechtkommen werde. (H)	5.76	1.39
Wahrscheinlich werde ich diese Aufgabe nicht schaffen.* (E)	5.09	1.21
Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.* (E)	5.21	1.52
Ich glaube, den Schwierigkeiten dieser Aufgabe gewachsen zu sein. (E)	4.36	1.37
Ich glaube, das kann jeder schaffen. (E)	4.42	1.64
Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich. (M)	2.36	1.19
Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt. (M)	3.00	1.52
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte. (M)	3.18	1.70
Es wäre mir etwas peinlich hier zu versagen. (M)	3.09	1.68
Ich fühle mich unter Druck, jetzt gut abschneiden zu müssen. (M)	2.70	1.69

Anmerkungen. N=33. I – Interesse; H – Herausforderung; E – Erfolgswahrscheinlichkeit; M – Misserfolgsbefürchtung.
Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 189: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Technologieakzeptanz der Direct Guidance-Version

Item (Faktor)	M	SD
Angenommen ich habe Zugang zu NanoTecLearn, dann beabsichtige ich es zu nutzen. (I)	3.97	1.28
Wenn ich Zugang zu NanoTecLearn habe, sage ich voraus, dass ich es nutzen werde. (I)	3.58	1.35
Die Nutzung von NanoTecLearn verbessert meine Studienleistung. (N)	3.64	1.06
Die Nutzung von NanoTecLearn erhöht die Produktivität meiner Studienarbeit. (N)	3.58	1.09
Die Nutzung von NanoTecLearn steigert die Effektivität meiner Studienarbeit. (N)	3.70	1.08
Ich finde NanoTecLearn nützlich für mein Studium. (N)	3.61	1.41
Der Umgang mit NanoTecLearn ist für mich klar und verständlich. (B)	4.03	0.88
Der Umgang mit NanoTecLearn erfordert von mir keine große geistige Anstrengung. (B)	3.55	0.94
Ich finde NanoTecLearn leicht zu bedienen. (B)	4.21	0.74
Ich finde NanoTecLearn macht ohne Probleme das, was ich möchte. (B)	3.73	0.76

Anmerkungen. N=33. I - Intention; N – Wahrgenommener Nutzen; B – Wahrgenommene Bedienbarkeit. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 190: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Kontrollempfindens der Direct Guidance-Version

Item (Faktor)	M	SD
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung, im Sinne eines Vorschlags für ein empfohlenes Nachfolgekapitel vorgenommen wurde. (T)	3.42	1.15
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung unterbrochen oder unterbunden werden kann. (T)	2.88	1.05
Ich habe das Gefühl, die volle Kontrolle über die Benutzeroberfläche zu haben. (C)	3.82	1.01
Es ist einfach, die Benutzeroberfläche zu kontrollieren. (C)	3.82	1.01
Die Benutzeroberfläche unterstützt eine komfortable Systemnutzung. (CU)	4.03	0.98
Die Benutzeroberfläche vermeidet unnötige Benutzereingaben und Interaktionsschritte. (CU)	4.00	1.00

Anmerkungen. N=33. T – Transparency; C – Controllability; CU – Comfort of Use. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 191: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des UEQ der Direct Guidance-Version

Item (Faktor)	M	SD
Gut – Schlecht (A)	6.12	0.99
Sympathisch – Unsympathisch (A)	5.18	1.42
Attraktiv – Unattraktiv (A)	5.27	1.33
Unangenehm – Angenehm* (A)	5.94	0.93
Abstoßend – Anziehend* (A)	5.45	1.03
Unerfreulich – Erfreulich* (A)	5.58	1.12
Schnell – Langsam (E)	5.52	1.18
Aufgeräumt – Überladen (E)	5.67	1.14
Unpragmatisch – Pragmatisch* (E)	5.55	1.03
Ineffizient – Effizient* (E)	5.94	0.75
Leicht zu lernen – Schwer zu lernen (D)	5.48	1.23
Unverständlich – Verständlich* (D)	5.97	0.68
Kompliziert – Einfach* (D)	5.52	1.15
Übersichtlich – Verwirrend (D)	5.76	1.00
Unberechenbar – Voraussagbar* (Ste)	4.91	1.01
Sicher – Unsicher (Ste)	5.79	0.78
Erwartungskonform – Nicht erwartungskonform (Ste)	5.12	1.11
Behindernd – Unterstützend* (Ste)	6.06	0.93
Wertvoll – Minderwertig (Sti)	5.55	1.20
Aktivierend – Einschläfernd (Sti)	4.97	1.70
Langweilig – Spannend* (Sti)	4.97	1.36
Uninteressant – Interessant* (Sti)	5.79	0.99
Kreativ – Phantasielos (O)	4.94	1.68
Originell – Konventionell (O)	4.85	1.46
Herkömmlich – Neuartig* (O)	4.94	1.60
Konservativ – Innovativ* (O)	5.33	1.24

Anmerkungen. N=33. A – Attraktivität; E – Effizienz; D – Durchschaubarkeit; Ste – Steuerbarkeit; Sti – Stimulation; O – Originalität. Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 192: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM der Agentenversion

Item (Faktor)	M	SD
Diese Art von Aufgaben ist sehr interessant. (I)	5.00	0.90
Bei dieser Aufgabe/Fragestellung mag ich die Rolle des Lernenden, der Zusammenhänge entdeckt. (I)	5.15	1.23
Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß. (I)	3.91	1.31
Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten. (I)	3.58	1.46
Ich mag solche Aufgaben und/oder Fragestellungen. (I)	5.12	0.99
Wenn ich diese Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Leistung sein. (H)	4.42	1.15
Diese Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich. (H)	3.76	1.15
Ich bin fest entschlossen, mich voll anzustrengen. (H)	5.48	1.12
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich zurechtkommen werde. (H)	5.64	0.90
Wahrscheinlich werde ich diese Aufgabe nicht schaffen.* (E)	5.42	1.09
Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.* (E)	5.39	1.30
Ich glaube, den Schwierigkeiten dieser Aufgabe gewachsen zu sein. (E)	4.97	1.05
Ich glaube, das kann jeder schaffen. (E)	4.91	1.21
Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich. (M)	2.27	0.76
Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt. (M)	2.70	1.29
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte. (M)	2.52	1.20
Es wäre mir etwas peinlich hier zu versagen. (M)	2.76	1.30
Ich fühle mich unter Druck, jetzt gut abschneiden zu müssen. (M)	2.61	1.44

Anmerkungen. N=33. I – Interesse; H – Herausforderung; E – Erfolgswahrscheinlichkeit; M – Misserfolgsbefürchtung.
Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 193: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Technologieakzeptanz der Agentenversion

Item (Faktor)	M	SD
Angenommen ich habe Zugang zu NanoTecLearn, dann beabsichtige ich es zu nutzen. (I)	3.76	1.12
Wenn ich Zugang zu NanoTecLearn habe, sage ich voraus, dass ich es nutzen werde. (I)	3.61	1.17
Die Nutzung von NanoTecLearn verbessert meine Studienleistung. (N)	3.39	1.27
Die Nutzung von NanoTecLearn erhöht die Produktivität meiner Studienarbeit. (N)	3.21	1.19
Die Nutzung von NanoTecLearn steigert die Effektivität meiner Studienarbeit. (N)	3.33	1.32
Ich finde NanoTecLearn nützlich für mein Studium. (N)	3.27	1.44
Der Umgang mit NanoTecLearn ist für mich klar und verständlich. (B)	4.06	0.75
Der Umgang mit NanoTecLearn erfordert von mir keine große geistige Anstrengung. (B)	3.73	1.07
Ich finde NanoTecLearn leicht zu bedienen. (B)	4.15	0.72
Ich finde NanoTecLearn macht ohne Probleme das, was ich möchte. (B)	3.88	0.74

Anmerkungen. N=33. I - Intention; N – Wahrgenommener Nutzen; B – Wahrgenommene Bedienbarkeit. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 194: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Kontrollempfindens der Agentenversion

Item (Faktor)	M	SD
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung, im Sinne eines Vorschlags für ein empfohlenes Nachfolgekapitel vorgenommen wurde. (T)	2.70	0.98
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung unterbrochen oder unterbunden werden kann. (T)	2.88	1.02
Ich habe das Gefühl, die volle Kontrolle über die Benutzeroberfläche zu haben. (C)	3.82	0.92
Es ist einfach, die Benutzeroberfläche zu kontrollieren. (C)	3.91	0.84
Die Benutzeroberfläche unterstützt eine komfortable Systemnutzung. (CU)	4.12	0.82
Die Benutzeroberfläche vermeidet unnötige Benutzereingaben und Interaktionsschritte. (CU)	4.15	1.15

Anmerkungen. N=33. T – Transparency; C – Controllability; CU – Comfort of Use. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 195: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des UEQ der Agentenversion

Item (Faktor)	M	SD
Gut – Schlecht (A)	6.12	0.89
Sympathisch – Unsympathisch (A)	5.30	1.38
Attraktiv – Unattraktiv (A)	5.67	1.08
Unangenehm – Angenehm* (A)	5.97	0.81
Abstoßend – Anziehend* (A)	5.48	1.09
Unerfreulich – Erfreulich* (A)	5.52	0.76
Schnell – Langsam (E)	5.39	1.25
Aufgeräumt – Überladen (E)	5.76	1.15
Unpragmatisch – Pragmatisch* (E)	4.97	1.16
Ineffizient – Effizient* (E)	5.58	1.09
Leicht zu lernen – Schwer zu lernen (D)	5.76	0.79
Unverständlich – Verständlich* (D)	5.88	0.93
Kompliziert – Einfach* (D)	5.79	0.82
Übersichtlich – Verwirrend (D)	5.45	1.46
Unberechenbar – Voraussagbar* (Ste)	5.12	0.78
Sicher – Unsicher (Ste)	5.61	0.83
Erwartungskonform – Nicht erwartungskonform (Ste)	5.36	1.14
Behindernd – Unterstützend* (Ste)	5.79	1.23
Wertvoll – Minderwertig (Sti)	5.88	0.86
Aktivierend – Einschläfernd (Sti)	5.03	1.16
Langweilig – Spannend* (Sti)	5.30	1.05
Uninteressant – Interessant* (Sti)	5.82	0.95
Kreativ – Phantasielos (O)	5.30	1.26
Originell – Konventionell (O)	4.94	1.25
Herkömmlich – Neuartig* (O)	4.58	1.37
Konservativ – Innovativ* (O)	5.18	1.16

Anmerkungen. N=33. A – Attraktivität; E – Effizienz; D – Durchschaubarkeit; Ste – Steuerbarkeit; Sti – Stimulation; O – Originalität. Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Visualisierung der UEQ-Daten der Plattformversionen

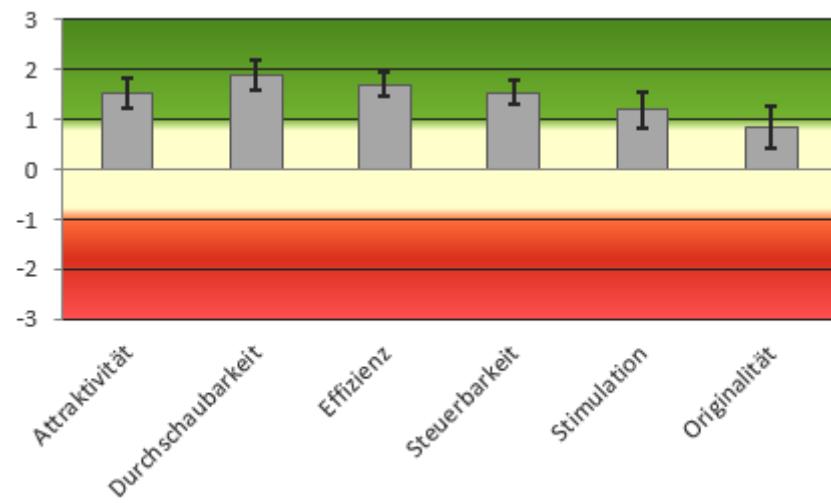


Abbildung 78: Visualisierung der Mittelwerte der UEQ-Faktoren der Kontrollgruppenversion

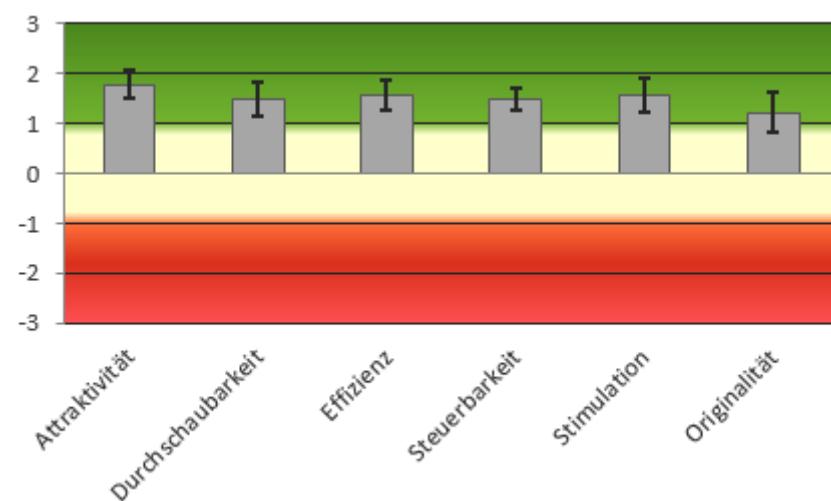


Abbildung 79: Visualisierung der Mittelwerte der UEQ-Faktoren der Link Annotation-Version

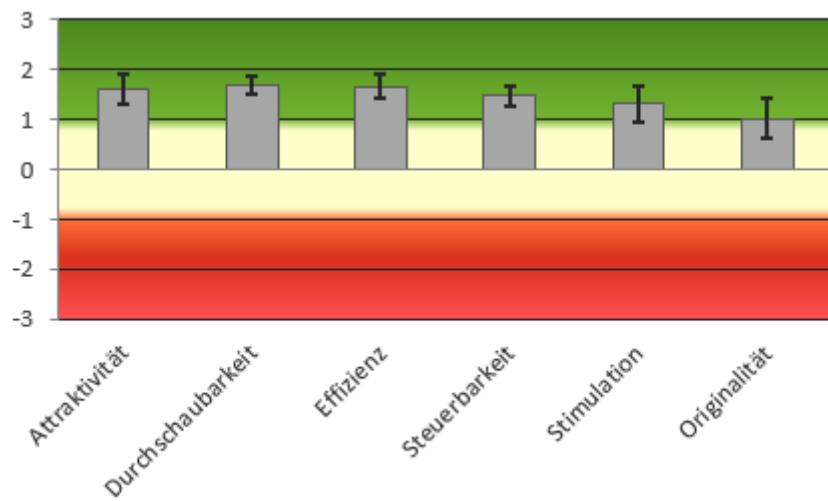


Abbildung 80: Visualisierung der Mittelwerte der UEQ-Faktoren der Direct Guidance-Version

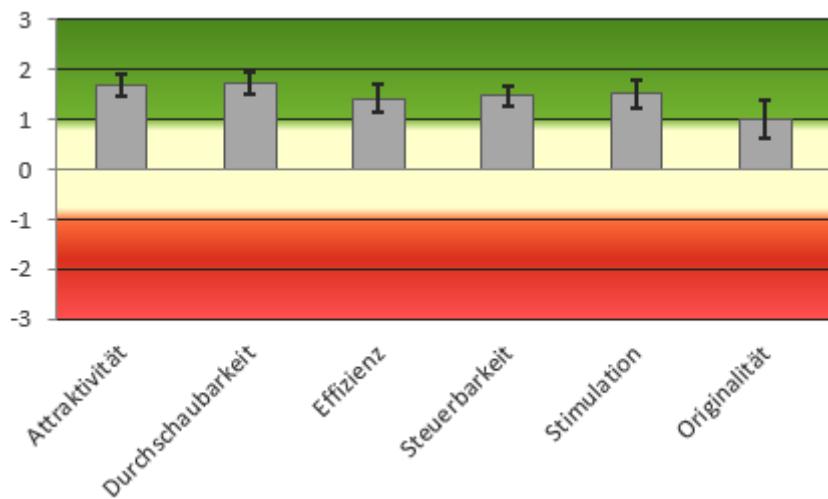


Abbildung 81: Visualisierung der Mittelwerte der UEQ-Faktoren der Agent-Version

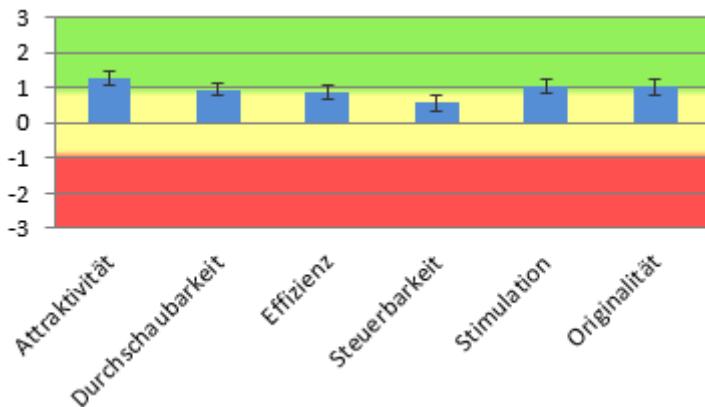


Abbildung 82: Visualisierung der Mittelwerte der UEQ-Faktoren aus dem Forschungsprojekt NanoTecLearn (projektinterne Usability Evaluation)

A5.4 Leitfaden zur Durchführung der Logfile-Analyse

Tabelle 196: Leitfaden zur Strukturierung, Bereinigung und Auswertung der Logfiles

1. Strukturierung	
Umcodierung	<ul style="list-style-type: none"> • Logfile-Codes wurden übersetzt und aufgeteilt • Strukturierung in Probandennummer, Zeit, Booklet/Abschnitt, Selbsteinschätzung und Vorschlag • Übersetzungen der Kapitel sind in der Legende wahrzunehmen • Bewertungen nach einem Formelbesuch in Kapitel 2 und 4 wurden diesen Kapiteln entsprechend auch zugeordnet
Fehlerbehebung	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitlich vertauschte Logfiles wurden in richtige Reihenfolge gebracht
2. Vorbereinigung	
Kapitel 26 markieren	<ul style="list-style-type: none"> • Alle dem Kapitel 26 zugehörigen Fälle wurden grau markiert • Formelbesuche innerhalb der Kapitel 2 oder 4 wurden hinzugezählt, außerhalb dieser jedoch nicht
Säuberung	<ul style="list-style-type: none"> • Dauer jeder Zeile bestimmen, indem die Differenz zum nachfolgendem Zeitstempel berechnet wird • Besuche eines Kapitels, die insgesamt 10 Sekunden oder kürzer waren, wurden rot markiert; eine Ausnahme bildet Kapitel 6, welches bei 5 Sekunden und kürzer markiert wurde • Fehler des Systems, bei welchen Besuche eines Kapitels doppelt hintereinander aufgeführt wurden, wurden durchgestrichen und in der Bereinigung ihrer Dauer addiert • Probanden, welche sich insgesamt 5 Minuten oder weniger im Kapitel 26 aufgehalten haben oder bei denen zu viele Systemfehler aufgetreten sind, wurden rot hinterlegt • Systemfehler wurden gelb hinterlegt
3. Bereinigung	
	<ul style="list-style-type: none"> • Auflistung aller gültigen Fälle • Gültige Fälle sind alle grau markierten aus der Vorbereinigung, die nicht zu kurz oder fehlerhaft sind • Ursprüngliche Unterbrechungen werden durch _____ indiziert
Markierung zusammengehöriger Blöcke	<ul style="list-style-type: none"> • Ein zusammenhängender Teil beschreibt den Aufenthalt innerhalb eines Kapitels. Zusammenhängende Blöcke wurden grau schattiert • Zu einem Block gehören der Besuch, die Bewertung und ein Vorschlag oder der Agent • Innerhalb der Kapitel 2 und 4 wurden die Formeln zudem zum Block zugehörig markiert • Bei Auftreten folgender Kriterien wurde ein Block trotz Unterbrechung als zusammengehörig markiert: <ul style="list-style-type: none"> ○ Bei Unterbrechungen von 10 Sekunden oder kürzer ○ Bei dem Besuch von nicht Kapitel 2 oder 4 zugehöriger Formeln ○ Bei später nachgeholtene Bewertungen, welche normalerweise zu kurz gewesen wären (sehr seltener Fall/ nicht direkt an Markierungen ersichtlich) • Bewertungen eines Kapitels, die bereits zuvor getätigten wurden, wurden hellgelb hinterlegt
	<p>Direct Guidance:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exkurse nach dem Besuch von Kapitel 5 wurden zusätzlich gelöscht

4. Auswertung	
Häufigkeit Besuch Kapitel	<ul style="list-style-type: none"> Manuelles Zählen von zusammengehörigen Blöcken eines Kapitels Durchschnittliche Anzahl von Besuchen eines Kapitels pro Person berechnen (Anzahl Besuche des Kapitels/Gesamtzahl Probanden) Agent: hier wurde zusätzlich die Anzahl der Besuche des Glossars bestimmt
Kapitelzeit	<ul style="list-style-type: none"> Formel zur Berechnung der besuchten Gesamtzeit pro Kapitel: =SUMMEWENN (Spalte Kapitelnamen; Kapitel X; Dauer) <ul style="list-style-type: none"> Bedeutung: Summiere die Dauer aller der Fälle, welche in der Spalte Kapitelnamen, Kapitel X heißen Bei Kapitel 2 und 4 wurden die zugehörigen Formeln und Proben manuell hinzugefügt Durchschnittszeit wurde berechnet (Kapitelgesamtzeit/Anzahl Besuche des Kapitels) Agent: hier wurde zusätzlich die Zeit des Besuchs des Glossars bestimmt
Häufigkeit Kapitelbewertungen	<ul style="list-style-type: none"> Formel zur Berechnung der Anzahl der Kapitelbewertungen: =ZÄHLENWENNS(Spalte Kapitelnamen; Kapitel X; Spalte Bewertungen; Bewertung X) <ul style="list-style-type: none"> Bedeutung: Zähle alle Fälle, bei denen Kapitel X in Spalte Kapitelnamen mit der Bewertung X in Spalte Bewertungen zusammengehören Die Durchschnittsbewertung pro Kapitel wurde folgendermaßen berechnet: (Bewertungsanzahl X * Skalenwert X + Bewertungsanzahl Z * Skalenwert Z + ...) / Gesamtanzahl der Bewertungen in Kapitel X
Link Annotation: Häufigkeit Vorschläge gefolgt	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl Vorschläge gezählt mit Formel: =ANZAHL2(Spalte Vorschläge) <ul style="list-style-type: none"> Bedeutung: zählt alle Felder mit Inhalt in Spalte Vorschläge Davon „kein Vorschlag“ berechnet mit Formel: =ZÄHLENWENN(Spalte Vorschläge; „kein Vorschlag“) <ul style="list-style-type: none"> Bedeutung: Zählt alle Fälle in Spalte Vorschläge mit Inhalt „kein Vorschlag“ Durchschnittliche Anzahl an Vorschlägen pro Person wurde berechnet (Anzahl Vorschläge/ Probandenanzahl) Die Anzahl der tatsächlich gefolgten Vorschläge wurde manuell ausgelesen
Kapitelverlauf	<ul style="list-style-type: none"> Die Reihenfolge der besuchten Kapitel wurde manuell ausgelesen
Bewertungsverlauf	<ul style="list-style-type: none"> Die Reihenfolge der Bewertungen wurde manuell ausgelesen Jeder Bewertung wurde eine Zahl zugeordnet: +/2; =/1; -/0
Link Annotation: Verlauf Bewertungen nachdem Vorschlag gefolgt wurde	<ul style="list-style-type: none"> Verlauf wurde manuell ausgelesen Nur Fälle, bei denen Vorschlag gefolgt wurde und anschließend eine Bewertung abgegeben wurde Es wurde untersucht, ob die Bewertung gleich zur vorherigen geblieben ist, einfach gestiegen (z.B. = zu +), zweifach gestiegen (z.B. – zu +), einfach gesunken (z.B. 0 zu -) oder zweifach gefallen (z.B. + zu -) ist

A5.5 Zusammenfassung der Kernaussagen der offenen Fragen des Online-Fragebogens

Tabelle 197: Zusammenfassung der offenen Fragen (Fragestellung 1)

Waren die Anpassungen und Vorschläge beim Lernen mit der NanoTecLearn-Plattform für Sie inhaltlich passend?	Keine adaptiven Systemreaktionen wahrnehmbar
	Vorschläge und Empfehlungen allgemein hilfreich
	Vorschläge empfehlen chronologische Reihenfolge aufgrund positiver Bewertung der Lernmotivation und bekräftigten Lernprozess
	Wiederholen von Grundlagen und Fachbegriffen durch Adaptation hilfreich für Verständnis
	Interaktion unterstützt Interesse und Praxisbezug
	Agent mit Motivationsabfrage sehr hilfreich
	Adaptation kein Mehrwert, da lediglich serielle Abarbeiten der ohnehin ersichtlichen Unterpunkte sowie bei konstanter oder hoher Motivation kaum wahrnehmbar
	Adaptation auf Basis der aktuellen Lernmotivation nicht hilfreich und zweckdienlich für Lernfortschritt
	Agent schlägt immer wieder dieselben Kapitel vor, zum Teil aufgrund der Liste überfordernd und daher nicht hilfreich
	Funktionalität des Agenten mit Tutorial erklären

Tabelle 198: Zusammenfassung der offenen Fragen (Fragestellung 2)

Gabe es Probleme und/oder Schwierigkeiten, die Ihnen bei der Bearbeitung des Kapitels „Kontaktwinkelmessgerät“ aufgefallen sind?	Es sind keine Probleme aufgefallen
	Darstellungs- und Systemfehler
	Theorieteil sehr überladen und überfordernd
	Inhalt aufgrund fehlenden fachlichen Bezugs im Studium schwer verständlich
	Zurück-Button aus dem Bereich Interaktion übersehen
	Navigationskonzept teilweise unklar und wenig übersichtlich
	Ausbleibende Adaptation nach negativer Motivationseinschätzung führt zu Irritation
	Insgesamt zu viele Weiterleitungen, die nicht immer passend waren

A6 Motivationsstudie 2

A6.1 Fragebogen der Motivationsstudie 2 (inklusive Vorwissens- und Abschlusstest)

Zu Beginn des Fragebogens wollen wir Sie bitten, ein paar Angaben zu Ihrer Person zu machen.

Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.

- Männlich
- Weiblich
- Anderes

Bitte geben Sie Ihr Alter an. _____

Bitte geben Sie Ihren Studiengang an.

- Biomedizinische Technik
- Biotechnische Chemie
- Elektrotechnik und Informationstechnik
- Maschinenbau
- Mechatronik
- Micro- und Nanotechnologies
- Miniaturisierte Biotechnologie
- Optronik
- Technische Physik
- Werkstoffwissenschaft
- Wirtschaftsingenieurwesen
- Sonstiges

Bitte geben Sie Ihren angestrebten Abschluss an.

- Bachelor
- Master
- Diplom
- Promotion

In welchem Fachsemester befinden Sie sich? _____

Ist Deutsch Ihre Muttersprache?

- Ja
- Nein

Zunächst soll Ihr Vorwissen im Bereich Mikrotechnik überprüft werden.

Haben Sie bereits Vorwissen im Bereich Mikrotechnik?

- Ja
- Nein

Vorwissenstest

Bitte füllen Sie nun den Ihnen vorliegenden Vorwissenstest aus. Wählen Sie hierzu die jeweils richtige Antwort aus.

Warum bilden sich am Wasserhahn Tropfen? Warum fallen manche von ihnen herunter und manche nicht?

- An der Oberfläche von Wassertropfen bildet sich, ähnlich wie bei der „Milch-Haut“, eine Schicht, die den Tropfen in sich zusammenhält. Wird der Tropfen größer reißt diese Schicht auf und der Tropfen wird abgelöst.
- Ob ein Tropfen am Wasserhahn abgelöst wird, oder nicht, wird zufällig bestimmt. Dabei spielt die Größe des Tropfens keine Rolle. Die Wahrscheinlichkeit, ob ein Tropfen fällt oder nicht, folgt der Gauß-Verteilung.
- Am hängenden Tropfen bildet sich ein Gleichgewicht aus Oberflächen- und Gewichtskraft aus. Je größer der Tropfen, desto schwerer wird dieser und desto höher ist auch die Gewichtskraft, die die Oberflächenkraft übersteigt und den Tropfen schließlich zum Ablösen zwingt.

Welche Kraft ist dafür verantwortlich, dass Klebstoffe an Grenzflächen kleben?

- Adhäsionskraft
- Kohäsionskraft
- Kapillarkraft

Im Mikrobereich gelten die gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten wie im Makrobereich. Stimmt diese Aussage?

- Ja
- Nein

Was wird unter isotropen und anisotropen Eigenschaften verstanden?

- Isotrop = Richtungsunabhängig; Anisotrop = Richtungsabhängig
- Isotrop = Richtungsabhängig; Anisotrop = Richtungsunabhängig

Diffusionsprozesse finden am besten bei hohen Temperaturen statt. Stimmt diese Aussage

- Richtig
- Falsch

Welche Eigenschaft trifft auf den Werkstoff Silicium zu?

- Silicium hat eine relativ gute Wärmeleitfähigkeit.
- Silicium lässt sich gut plastisch verformen.
- Silicium ist sehr selten und daher teuer.

Einschätzung subjektiver Kompetenzerwartungen

Die folgenden Aussagen können mehr oder weniger auf Sie zutreffen. Bitte geben Sie bei jeder Aussage an, inwieweit diese auf Sie persönlich zutrifft.

	Trifft gar nicht zu	Trifft wenig zu	Trifft etwas zu	Trifft ziemlich zu	Trifft voll und ganz zu
In schwierigen Situationen kann ich mich auf meine Fähigkeiten verlassen.	<input type="radio"/>				
Die meisten Probleme kann ich aus eigener Kraft meistern.	<input type="radio"/>				
Auch anstrengende und komplizierte Aufgaben kann ich in der Regel gut lösen.	<input type="radio"/>				

Aufgabe

Sie werden nachfolgende mit der NanoTecLearn Plattform ein Kapitel zum Thema „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ bearbeiten. Dazu werden Sie verschiedene Texte lesen und anschließend interaktive Aufgaben lösen. Nach Beendigung der Bearbeitung wird Ihr Wissensstand in Form eines Abschlusstests überprüft.

Nun wollen wir wissen, wie Ihre momentane Einstellung zu der oben beschriebenen Aufgabe ist. Dazu finden Sie nachfolgend Aussagen. Kreuzen Sie bitte jene Aussage an, die am besten auf Sie passt

Es gibt keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort. Ihre persönliche Meinung zählt!

	Trifft überhaupt nicht zu	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Teils/ teils	Trifft eher zu	Trifft zu	Trifft voll zu
Wahrscheinlich werde ich diese Aufgabe nicht schaffen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, den Schwierigkeiten dieser Aufgabe gewachsen zu sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diese Art von Aufgaben ist sehr interessant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei dieser Aufgabe/Fragestellung mag ich die Rolle des Lernenden, der Zusammenhänge entdeckt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich mag solche Aufgaben und/oder Fragestellungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, das kann jeder schaffen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es wäre mir etwas peinlich hier zu versagen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich fühle mich unter Druck, jetzt gut abschneiden zu müssen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich diese Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Leistung sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diese Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bin fest entschlossen, mich voll anzustrengen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich zureckkommen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bitte bearbeiten Sie auf der **NanoTecLearn Plattform** das Kapitel „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ bezüglich der Inhalte „Orientierung“, „Theorie“ sowie „Interaktion“. Der Teil „Interaktion“ setzt sich zusammen aus den Proben „Stark benetzende Oberfläche“ und „Weniger stark benetzende Oberfläche“ und der Formel „Benetzung“. Wie bereits erläutert, wird nach Beendigung der Bearbeitung Ihr Wissensstand in Form eines Abschlusstests überprüft. Für die Bearbeitung der Inhalte des Kapitels haben Sie ca. 40-45 Minuten Zeit.

Hinweis: In regelmäßigen Abständen wird ein Kurzfragebogen mit Adjektivpaaren zu Ihrem Befinden in einem Pop-Up-Fenster erscheinen. Kreuzen Sie jeweils pro Adjektivpaar das für Sie zutreffende Befinden an. Bitte antworten Sie spontan.

(Pop-Up-Fenster, für alle vier Messzeitpunkte identisch)

Bitte geben Sie Ihre Probandennummer an _____

Wie fühlen Sie sich im Moment?

Zufrieden	<input type="radio"/>	Unzufrieden						
Energiegeladen	<input type="radio"/>	Energielos						
Gestresst	<input type="radio"/>	Entspannt						
Müde	<input type="radio"/>	Hellwach						
Friedlich	<input type="radio"/>	Verärgert						
Unglücklich	<input type="radio"/>	Glücklich						
Lustlos	<input type="radio"/>	Hoch motiviert						
Ruhig	<input type="radio"/>	Nervös						
Begeistert	<input type="radio"/>	Gelangweilt						
Besorgt	<input type="radio"/>	Sorgenfrei						

Wie schätzen Sie das Lernen mit der NanoTecLearn-Plattform ein?

Beziehen Sie sich bitte auf die eben durchgeführte Tätigkeit, die Bearbeitung des Kapitels „Wechselwirkungen an Grenzflächen“.

	Trifft nicht zu	Teils/ teils			Trifft zu	
Ich fühle mich optimal beansprucht.	<input type="radio"/>					
Meine Gedanken bzw. Aktivitäten laufen flüssig und glatt.	<input type="radio"/>					
Ich merke gar nicht, wie die Zeit vergeht.	<input type="radio"/>					
Ich habe keine Mühe, mich zu konzentrieren.	<input type="radio"/>					
Mein Kopf ist völlig klar.	<input type="radio"/>					
Ich bin ganz vertieft in das, was ich gerade mache.	<input type="radio"/>					
Die richtigen Gedanken, Bewegungen kommen wie von selbst.	<input type="radio"/>					
Ich weiß bei jedem Schritt, was ich zu tun habe.	<input type="radio"/>					
Ich habe das Gefühl, den Ablauf unter Kontrolle zu haben.	<input type="radio"/>					
Ich bin völlig selbstvergessen.	<input type="radio"/>					
Es steht etwas für mich Wichtiges auf dem Spiel.	<input type="radio"/>					
Ich darf jetzt keine Fehler machen.	<input type="radio"/>					
Ich mache mir Sorgen über einen Misserfolg.	<input type="radio"/>					

Wie schätzen Sie die Anforderungen ein?

	Zu gering	Gerade richtig			Zu hoch	
Für mich persönlich sind die jetzigen Anforderungen...	<input type="radio"/>					

Abschlusstest

Bitte füllen Sie nun den nachfolgenden Abschlusstest aus. Wählen Sie hierzu die jeweils richtige(n) Antwort(en) aus.

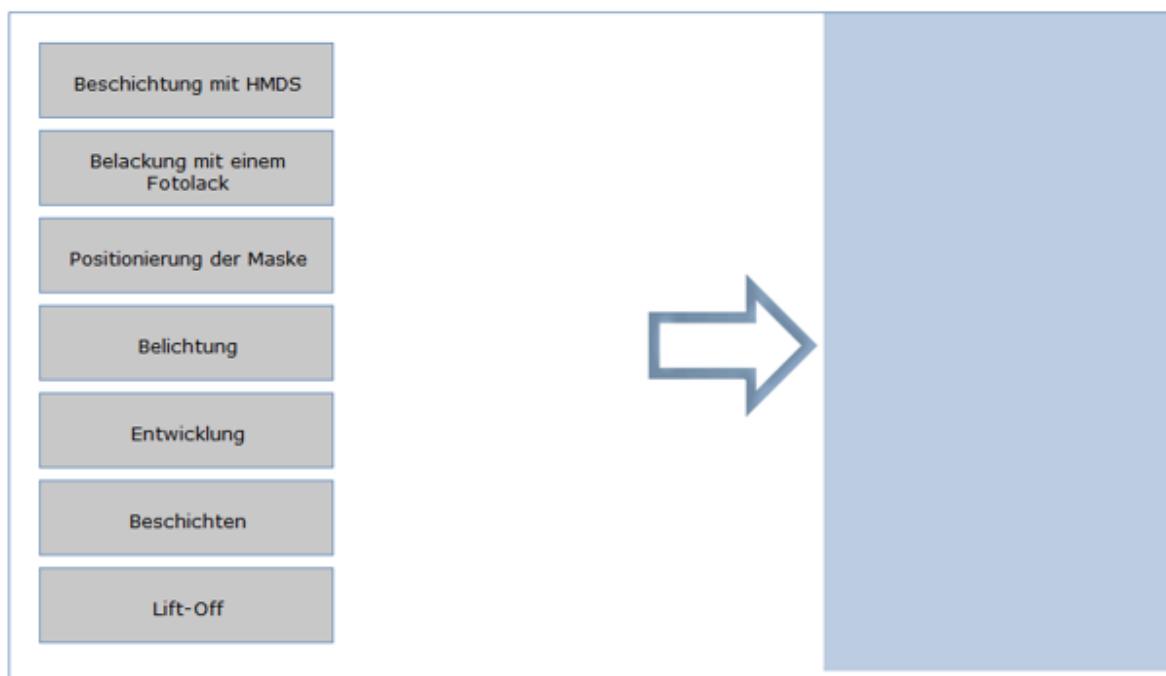
Wodurch kann es zur Kontamination der Oberfläche durch Verunreinigungen kommen?

- Durch einen Ölfilm
- Durch Polymerreste
- Durch Oxidation der Oberfläche

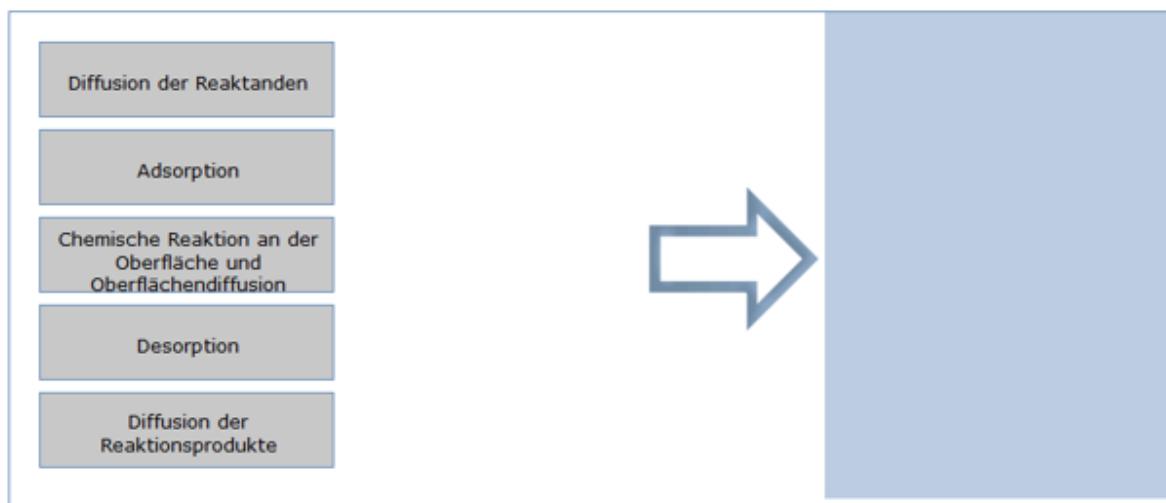
Was bewirkt ein Haftvermittler?

- Die Oberfläche soll entnetzt (hydrophob) werden.
- Die Oberfläche soll benetzt (hydrophil) werden.

Sortieren Sie die Prozessreihenfolge einer Lithografie (von oben nach unten)



Sortieren Sie die Prozessreihenfolge eines CVD-Prozesses (von oben nach unten)



Was ist unbedingt notwendig, um eventuelle Fehlerquellen zu finden?

- Detaillierte Dokumentation
- Regelmäßige Prozesskontrolle

Welche Eigenschaften können durch Wechselwirkungen an Grenzflächen verändert werden?

- Verändertes Benetzungsverhalten
- Veränderung optischer Eigenschaften
- Veränderung der Oberflächenstruktur und -haftung
- Veränderung der chemischen Zusammensetzung

Nach Beendigung der Lernaufgabe und des Abschlusstests möchten wir Sie bitten, die Arbeit mit der NanoTecLearn Plattform zu bewerten. Bitte kreuzen Sie Zutreffendes jeweils an.

	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Teils/Teils	Trifft eher zu	Trifft völlig zu
Als ich zum ersten Mal auf die E-Learning Plattform geschaut habe, hatte ich den Eindruck, dass das Material schnell verständlich für mich sein würde. Die E-Learning Plattform konnte zu Beginn direkt meine Aufmerksamkeit gewinnen.	<input type="radio"/>				
Nach Beenden des Abschlusstests der E-Learning Plattform hatte ich ein befriedigendes Gefühl bezüglich der Aufgabenerfüllung.	<input type="radio"/>				
Mir ist bewusst, wie die Inhalte der E-Learning Plattform an mein Vorwissen angeknüpft haben.	<input type="radio"/>				
Das E-Learning Material ist visuell ansprechend.	<input type="radio"/>				
Die Aufgaben des Abschlusstests der E-Learning Plattform erfolgreich zu beenden, war mir sehr wichtig.	<input type="radio"/>				
Die Qualität der Textformulierung half mir stets, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten.	<input type="radio"/>				
Als ich mit der E-Learning Plattform gearbeitet habe, war ich sehr zuversichtlich, dass ich die Inhalte erlernen kann.	<input type="radio"/>				
Ich habe das Erlernen der Inhalte mithilfe der E-Learning Plattform so genossen, dass ich noch mehr über das Thema Mikrotechnik erfahren möchte.	<input type="radio"/>				
Bezüglich meiner Interessen ist das E-Learning Material sehr relevant.	<input type="radio"/>				
Die Anordnung der Inhalte auf der E-Learning Plattform half mir dabei, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten.	<input type="radio"/>				
Nachdem ich eine Weile mit der E-Learning Plattform gearbeitet habe, war ich sehr zuversichtlich, dass ich den Abschlusstest bestehen würde.	<input type="radio"/>				
Die Inhalte der E-Learning Plattform waren für mich nicht relevant, da ich über die meisten Inhalte bereits Bescheid wusste.	<input type="radio"/>				
Die Vielfalt an Lehrtexten, Abbildungen und interaktiven Elementen erleichterte es mir, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten.	<input type="radio"/>				
Es hat sich sehr gut angefühlt, den Abschlusstest der E-Learning Plattform zu beenden.	<input type="radio"/>				
Die Inhalte der E-Learning Plattform konnte ich nicht richtig verstehen.	<input type="radio"/>				
Es hat mir sehr viel Spaß gemacht, mit einer so gut gestalteten E-Learning Plattform zu arbeiten.	<input type="radio"/>				

Waren Ihre Anpassungen und Vorschläge beim Lernen mit der NanoTecLearn-Plattform für Sie inhaltlich passend?

Bitte geben Sie an, ob Ihnen die Adaptationen (sofern Sie welche bemerkt haben) gefallen haben und diese für Ihren Lernprozess hilfreich waren.

Gab es Probleme und/oder Schwierigkeiten, die Ihnen bei der Bearbeitung des Kapitels „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ aufgefallen sind?

Wenn ja, dann beschreiben Sie diese bitte kurz.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

Bitte gehen Sie nun kurz zu Ihrer Versuchsleitung. Sie erhalten ein Formular für die Überweisung Ihres Probandenhonorars.

A6.2 Statistische Auswertung

Zusätzliche Angaben zur Häufigkeitsanalyse der demographischen Daten, des Vorwissenstests und des Abschlusstests

Tabelle 199: Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter und Fachsemester

Konstrukt	M	SD
Alter ^a	24,31	3,80
Fachsemester ^b	6,06	4,34

Anmerkungen. N=64. ^a Min=19, Max=35; ^b Min=1, Max=23

Tabelle 200: Häufigkeitsanalyse von Geschlecht, Studiengang und Abschluss

Konstrukt	Häufigkeit	Prozent
Geschlecht		
Männlich	39	60,9
Weiblich	25	39,1
Studiengang		
Biomedizinische Technik	2	3,1
Biotechnische Chemie	1	1,6
Elektrotechnik/Informationstechnik	5	7,8
Maschinenbau	1	1,6
Mechatronik	2	3,1
Optronik	1	1,6
Technische Physik	2	3,1
Wirtschaftsingenieurwesen	10	15,6
Sonstiges	40	62,5
Abschluss		
Bachelor	38	59,4
Master	21	32,8
Diplom	1	1,6
Promotion	4	6,3

Anmerkungen. N=64

Tabelle 201: Häufigkeitsanalyse Vorwissens- und Abschlusstest

Konstrukt	Häufigkeit	Prozent
Vorwissen		
Kein Vorwissen	0	0,0
Wenig Vorwissen	19	29,7
Durchschnittliches Vorwissen	28	43,8
Hohes Vorwissen	17	26,6
Abschlusstest		
Note 5	29	45,3
Note 4	32	49,9
Note 3	2	3,1
Note 2	1	1,6
Note 1	0	0,0

Anmerkungen. N=64. 5-6 Punkte (Hohes Vorwissen), 3-4 Punkte (Durchschnittliches Vorwissen), 2 Punkte (wenig Vorwissen), 0-1 Punkte (kein Vorwissen). 6 Punkte (Note 1), 5 Punkte (Note 2), 4 Punkte (Note 3), 3 Punkte (Note 4) unter 2 Punkte (Note 5)

Zusätzliche Angaben zur Häufigkeitsanalyse der Fragebogeninstrumente

Tabelle 202: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des FAM

Item (Faktor)	M	SD
Diese Art von Aufgaben ist sehr interessant. (I)	4.94	1.08
Bei dieser Aufgabe/Fragestellung mag ich die Rolle des Lernenden, der Zusammenhänge entdeckt. (I)	5.22	1.16
Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß. (I)	3.88	1.29
Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten. (I)	3.20	1.43
Ich mag solche Aufgaben und/oder Fragestellungen. (I)	4.67	1.10
Wenn ich diese Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Leistung sein. (H)	5.06	1.23
Diese Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich. (H)	4.53	1.21
Ich bin fest entschlossen, mich voll anzustrengen. (H)	5.91	0.94
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich zureckkommen werde. (H)	5.77	0.96
Wahrscheinlich werde ich diese Aufgabe nicht schaffen.* (E)	4.70	1.34
Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.* (E)	4.84	1.38
Ich glaube, den Schwierigkeiten dieser Aufgabe gewachsen zu sein. (E)	4.52	1.16
Ich glaube, das kann jeder schaffen. (E)	4.25	1.18
Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich. (M)	2.61	1.26
Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt. (M)	3.28	1.27
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte. (M)	3.34	1.89
Es wäre mir etwas peinlich hier zu versagen. (M)	3.61	1.70
Ich fühle mich unter Druck, jetzt gut abschneiden zu müssen. (M)	3.14	1.50

Anmerkungen. N=64. I – Interesse; H – Herausforderung; E – Erfolgswahrscheinlichkeit; M – Misserfolgsbefürchtung.
Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 203: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Selbstwirksamkeitserwartung

Item (Faktor)	M	SD
In schwierigen Situationen kann ich mich auf meine Fähigkeiten verlassen.	3.94	0.61
Die meisten Probleme kann ich aus eigener Kraft gut meistern.	3.89	0.62
Auch anstrengende und komplizierte Aufgaben kann ich in der Regel gut lösen.	3.67	0.80

Anmerkungen. N=64. Min=2.33; Max=5.00

Tabelle 204: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des IMMS

Item (Faktor)	M	SD
Die E-Learning Plattform konnte zu Beginn direkt meine Aufmerksamkeit gewinnen. (A)	3.83	0.75
Das E-Learning Material ist visuell ansprechend. (A)	4.33	0.80
Die Qualität der Textformulierung half mir stets, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten. (A)	3.27	1.00
Die Anordnung der Inhalte auf der E-Learning Plattform half mir dabei, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten. (A)	3.64	0.88
Die Vielfalt an Lehrtexten, Abbildungen und interaktiven Elementen erleichterte es mir, meine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten. (A)	3.98	0.81
Mir ist bewusst, wie die Inhalte des E-Learning Materials an mein Vorwissen angeknüpft haben. (R)	3.16	1.12
Die Aufgaben des Abschlusstests der E-Learning Plattform erfolgreich zu beenden, war mir sehr wichtig. (R)	3.34	0.90
Bezüglich meiner Interessen ist das E-Learning Material sehr relevant. (R)	2.69	1.11
Die Inhalte der E-Learning Plattform waren für mich nicht relevant, da ich über die meisten Inhalte bereits Bescheid wusste.* (R)	4.39	0.85
Als ich zum ersten Mal auf die E-Learning Plattform geschaut habe, hatte ich den Eindruck, dass das Material schnell verständlich für mich sein würde. (C)	3.50	1.02
Als ich mit der E-Learning Plattform gearbeitet habe, war ich sehr zuversichtlich, dass ich die Inhalte erlernen kann. (C)	3.50	0.89
Nachdem ich eine Weile mit der E-Learning Plattform gearbeitet habe, war ich sehr zuversichtlich, dass ich den Abschlusstest bestehen würde. (C)	2.98	0.72
Die Inhalte der E-Learning Plattform konnte ich nicht richtig verstehen.* (C)	3.31	1.17
Nach Beenden des Abschlusstests der E-Learning Plattform hatte ich ein befriedigendes Gefühl bezüglich der Aufgabenerfüllung. (S)	2.77	0.96
Ich habe das Erlernen der Inhalte mithilfe der E-Learning Plattform so genossen, dass ich noch mehr über das Thema Mikrotechnik erfahren möchte. (S)	2.50	0.96
Es hat sich sehr gut angefühlt, den Abschlusstest der E-Learning Plattform zu beenden. (S)	3.34	0.91
Es hat mir sehr viel Spaß gemacht, mit einer so gut gestalteten E-Learning Plattform zu arbeiten. (S)	3.83	0.79

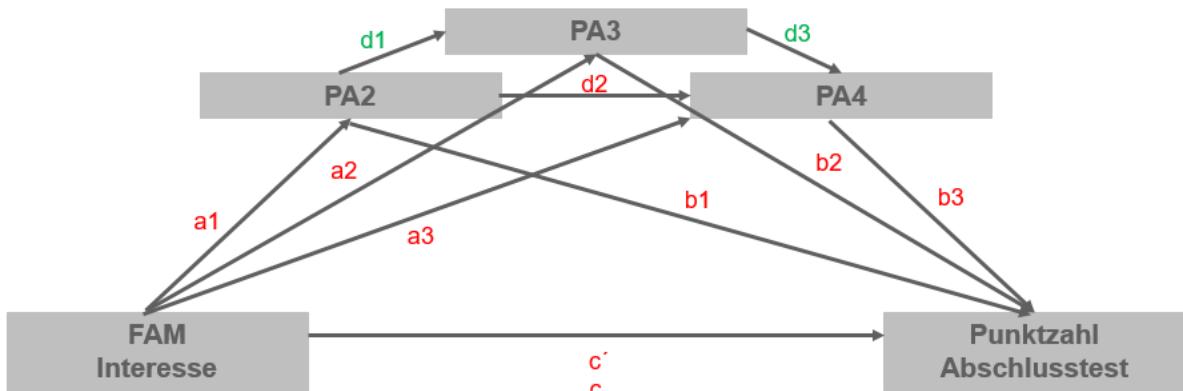
Anmerkungen. N=64. A – Attention; R – Relevance; C – Confidence; S – Satisfaction. Min=1.00; Max=5.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Tabelle 205: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des PANAVA-KS für alle vier Messzeitpunkte

Item (Faktor)	M	SD
Messzeitpunkt 1		
Energiegeladen – Energiefilos* (PA)	4.51	1.32
Müde – Hellwach (PA)	4.19	1.54
Lustlos – Hoch motiviert (PA)	4.94	0.98
Begeistert – Gelangweilt* (PA)	4.46	0.95
Gestresst – Entspannt* (NA)	3.17	1.47
Friedlich – Verärgert (NA)	2.16	1.41
Ruhig – Nervös (NA)	2.49	1.50
Besorgt – Sorgenfrei* (NA)	3.08	1.41
Zufrieden – Unzufrieden* (VA)	5.11	1.31
Unglücklich – Glücklich (VA)	5.05	1.16
Messzeitpunkt 2		
Energiegeladen – Energiefilos* (PA)	4.34	1.26
Müde – Hellwach (PA)	3.91	1.41
Lustlos – Hoch motiviert (PA)	4.55	1.23
Begeistert – Gelangweilt* (PA)	4.14	1.17
Gestresst – Entspannt* (NA)	3.18	1.35
Friedlich – Verärgert (NA)	2.30	1.44
Ruhig – Nervös (NA)	2.55	1.55
Besorgt – Sorgenfrei* (NA)	3.20	1.49
Zufrieden – Unzufrieden* (VA)	4.93	1.21
Unglücklich – Glücklich (VA)	4.86	1.13
Messzeitpunkt 3		
Energiegeladen – Energiefilos* (PA)	4.22	1.21
Müde – Hellwach (PA)	4.00	1.54
Lustlos – Hoch motiviert (PA)	4.27	1.17
Begeistert – Gelangweilt* (PA)	4.45	1.05
Gestresst – Entspannt* (NA)	3.16	1.35
Friedlich – Verärgert (NA)	2.22	1.19
Ruhig – Nervös (NA)	2.51	1.32
Besorgt – Sorgenfrei* (NA)	3.10	1.24
Zufrieden – Unzufrieden* (VA)	5.10	1.33
Unglücklich – Glücklich (VA)	4.88	1.13
Messzeitpunkt 4		
Energiegeladen – Energiefilos* (PA)	4.37	1.13
Müde – Hellwach (PA)	4.12	1.33
Lustlos – Hoch motiviert (PA)	4.37	1.15
Begeistert – Gelangweilt* (PA)	4.67	1.10
Gestresst – Entspannt* (NA)	3.04	1.32
Friedlich – Verärgert (NA)	2.14	1.08
Ruhig – Nervös (NA)	2.31	1.07
Besorgt – Sorgenfrei* (NA)	3.08	1.22
Zufrieden – Unzufrieden* (VA)	5.41	1.08
Unglücklich – Glücklich (VA)	5.12	1.07

Anmerkungen. N=63 (PANAVA1); N=44 (PANAVA2); N=51 (PANAVA3); N=49 (PANAVA4). PA – Positive Aktivierung; NA – Negative Aktivierung; VA – Valenz. Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolzt

Zusätzliche Angaben zur Mediationsanalyse von Hypothese 9



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.003, p=0.987), a2(0.069, p=0.678), a3(-0.024, p=0.832)

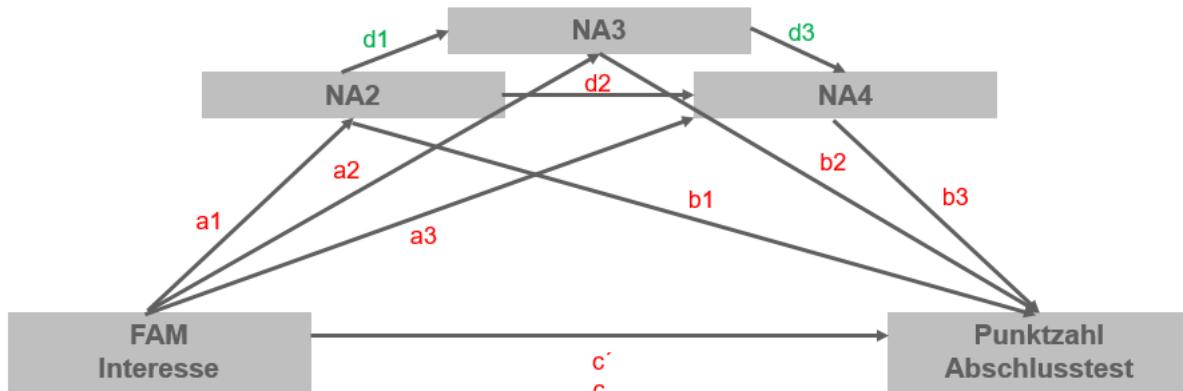
b1(0.192, p=0.549), b2(-0.214, p=0.675), b3(0.505, p=0.269)

c'(-0.023, p=0.936)

d1(0.620, p<0.001), d2(-0.055, p=0.671), d3(0.904, p<0.001)

c(-0.018, p=0.951)

Abbildung 83: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die positive Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(-0.116, p=0.620), a2(0.136, p=0.496), a3(0.089, p=0.429)

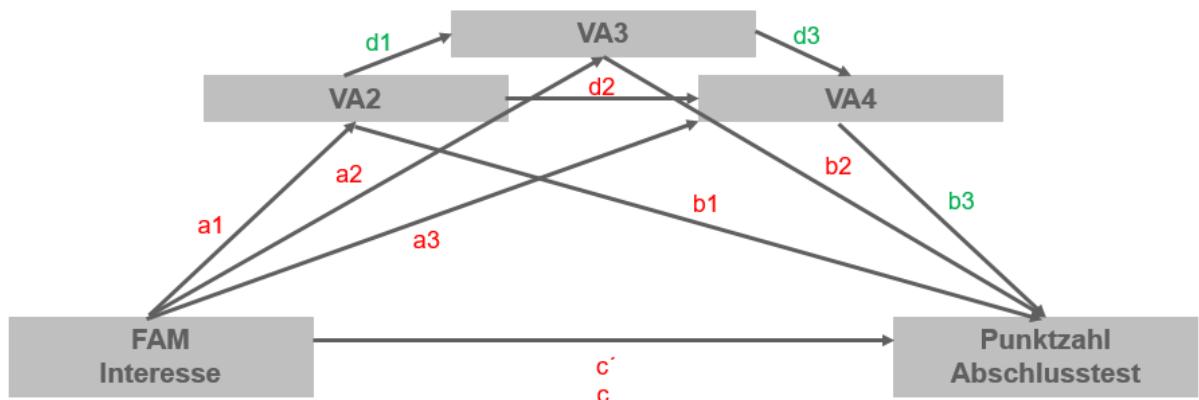
b1(0.018, p=0.950), b2(0.364, p=0.394), b3(-0.428, p=0.381)

c'(0.011, p=0.971)

d1(0.628, p<0.001), d2(0.138, p=0.187), d3(0.686, p<0.001)

c(-0.018, p=0.951)

Abbildung 84: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die negative Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.002, p=0.813), a2(-0.076, p=0.645), a3(0.270, p=0.114)

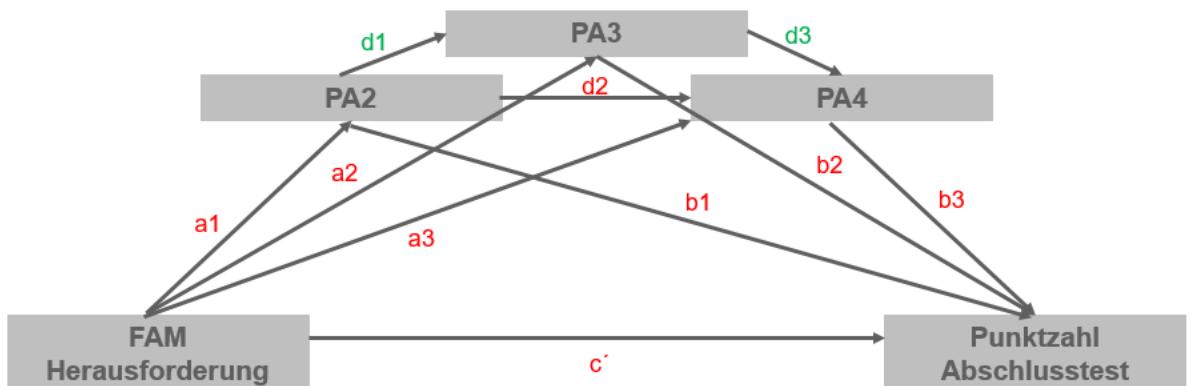
b1(-0.053, p=0.886), b2(-0.560, p=0.089), b3(0.705, p=0.022)

c'(-0.224, p=0.433)

d1(0.784, p<0.001), d2(0.265, p=166), d3(0.452, p=0.017)

c(-0.018, p=0.951)

Abbildung 85: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch das Interesse vermittelt über die Valenz



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.027, p=0.898), a2(-0.066, p=0.714), a3(-0.077, p=0.539)

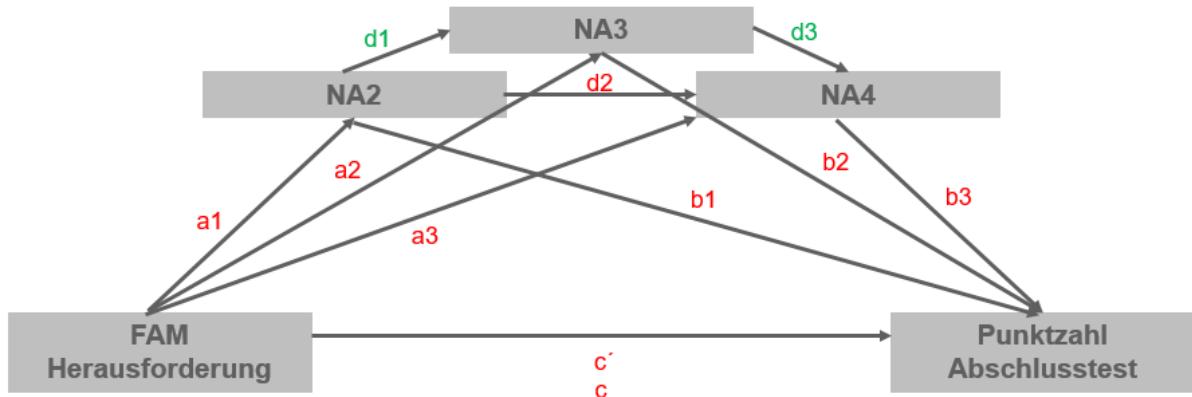
b1(0.203, p=0.524), b2(-0.201, p=0.691), b3(0.475, p=0.296)

c'(-0.200, p=0.520)

d1(0.621, p<0.001), d2(-0.049, p=0.702), d3(0.897, p<0.001)

c(-0.243, p=0.434)

Abbildung 86: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die positive Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.184, p=0.471), a2(0.072, p=0.744), a3(0.036, p=0.770)

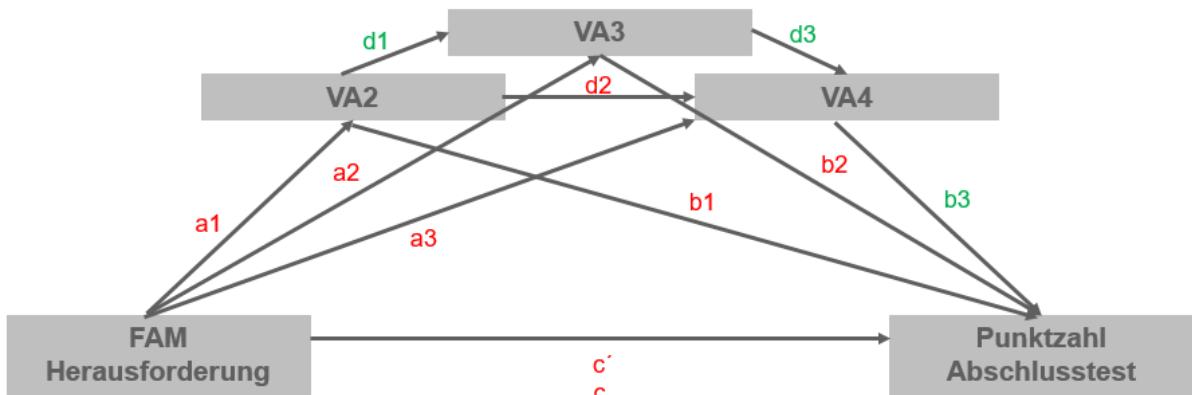
b1(0.027, p=0.922), b2(0.363, p=0.392), b3(-0.407, p=0.396)

c'(-0.239, p=0.462)

d1(0.613, p<0.001), d2(0.125, p=0.234), d3(0.694, p<0.001)

c(-0.243, p=0.434)

Abbildung 87: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die negative Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.015, p=0.953), a2(0.211, p=0.240), a3(-0.060, p=0.757)

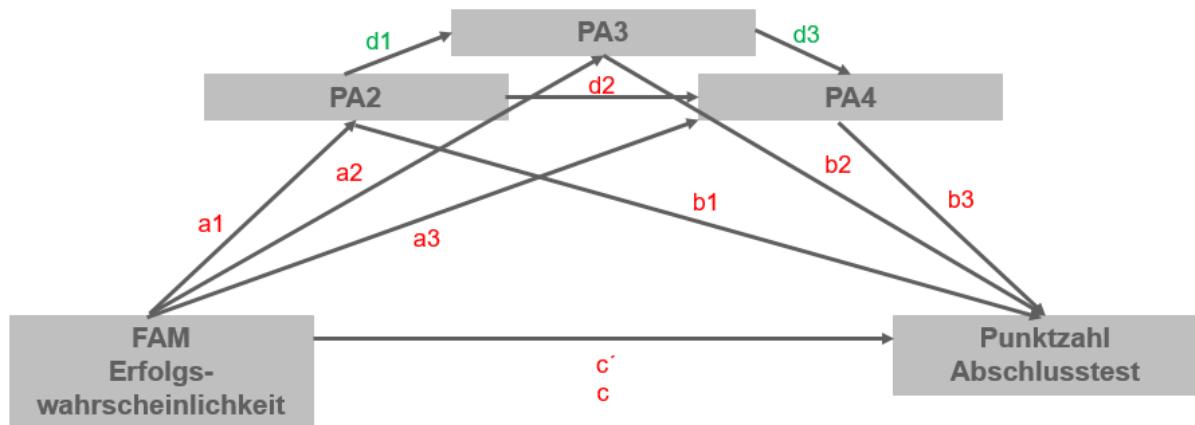
b1(-0.079, p=0.806), b2(-0.476, p=0.149), b3(0.631, p=0.033)

c'(-0.162, p=0.595)

d1(0.780, p<0.001), d2(0.283, p=0.158), d3(0.441, p=0.027)

c(-0.243, p=0.434)

Abbildung 88: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Herausforderung vermittelt über die Valenz



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.178, p=0.190), a2(0.127, p=0.288), a3(-0.006, p=0.945)

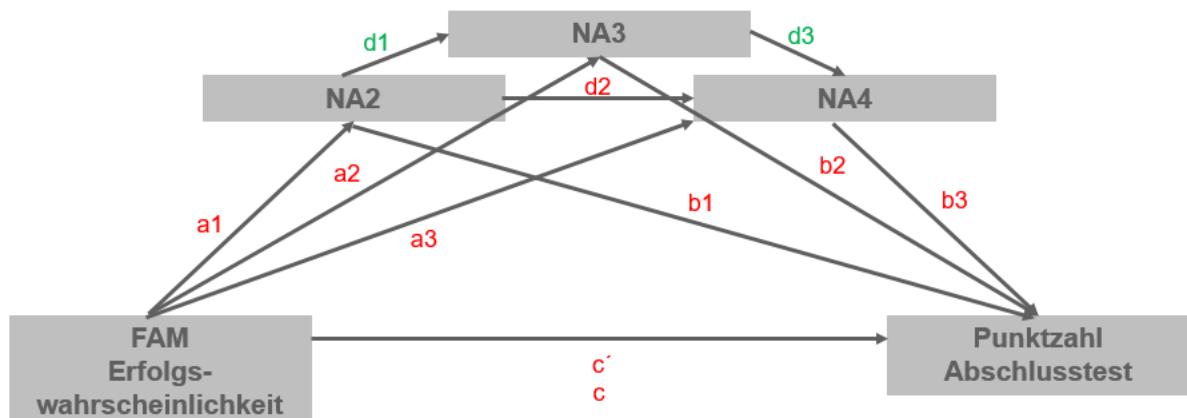
b1(0.192, p=0.550), b2(-0.220, p=0.667), b3(0.507, p=0.265)

c'(0.011, p=0.960)

d1(0.583, p=0.001), d2(-0.053, p=0.682), d3(0.903, p<0.001)

c(0.092, p=0.649)

Abbildung 89: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die positive Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(-0.103, p=0.535), a2(-0.066, p=0.644), a3(-0.061, p=0.440)

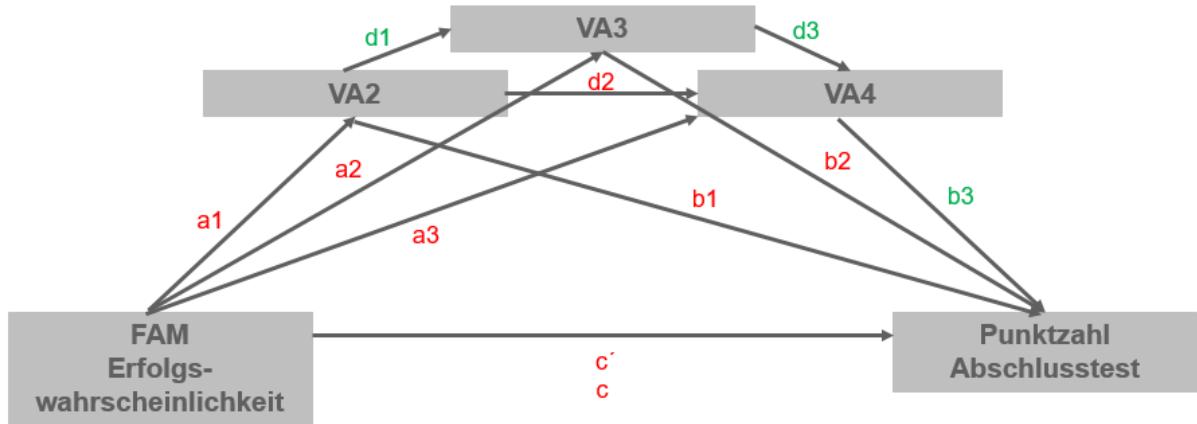
b1(0.017, p=0.952), b2(0.356, p=0.405), b3(-0.402, p=0.409)

c'(0.074, p=0.728)

d1(0.612, p<0.001), d2(0.124, p=0.233), d3(0.689, p<0.001)

c(0.092, p=0.649)

Abbildung 90: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die negative Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.079, p=0.634), a2(0.053, p=0.653), a3(0.179, p=0.140)

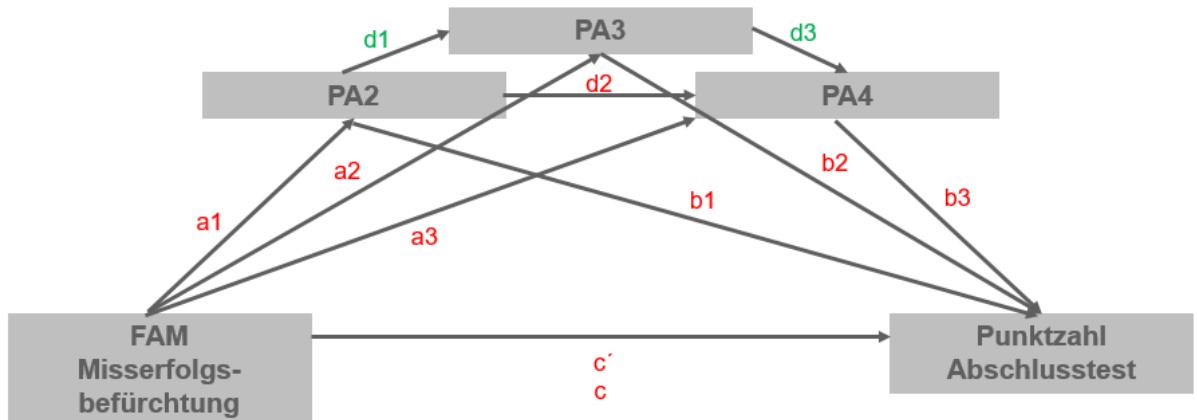
b1(-0.057, p=0.858), b2(-0.513, p=0.115), b3(0.642, p=0.036)

c'(-0.005, p=0.980)

d1(0.777, p<0.001), d2(0.293, p=0.127), d3(0.407, p=0.031)

c(0.092, p=0.649)

Abbildung 91: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Erfolgswahrscheinlichkeit vermittelt über die Valenz



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(-0.037, p=0.751), a2(-0.025, p=0.801), a3(0.017, p=0.810)

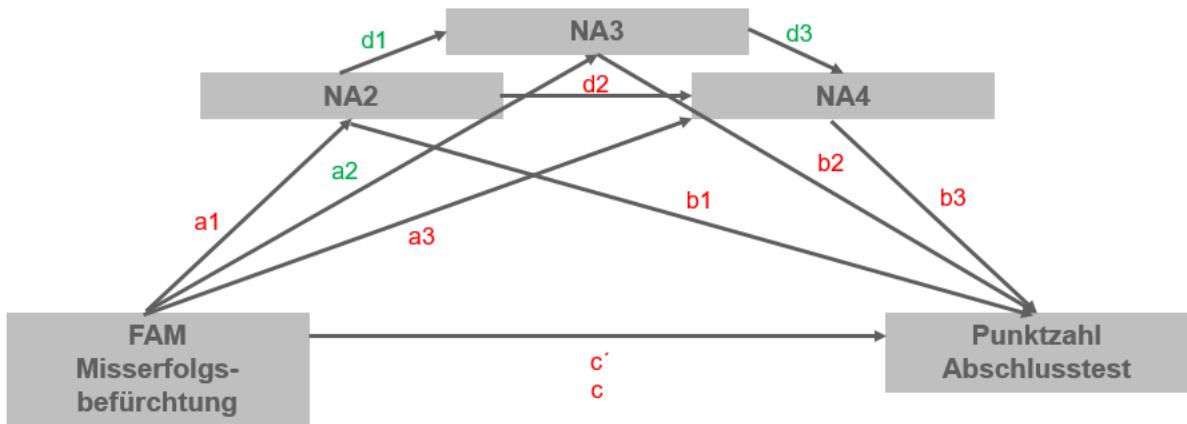
b1(0.190, p=0.550), b2(-0.238, p=0.638), b3(0.520, p=0.250)

c'(-0.116, p=0.501)

d1(0.618, p<0.001), d2(-0.053, p=0.680), d3(0.903, p<0.001)

c(-0.124, p=0.471)

Abbildung 92: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die positive Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(0.160, p=0.257), a2(0.237, p=0.048), a3(0.086, p=0.237)

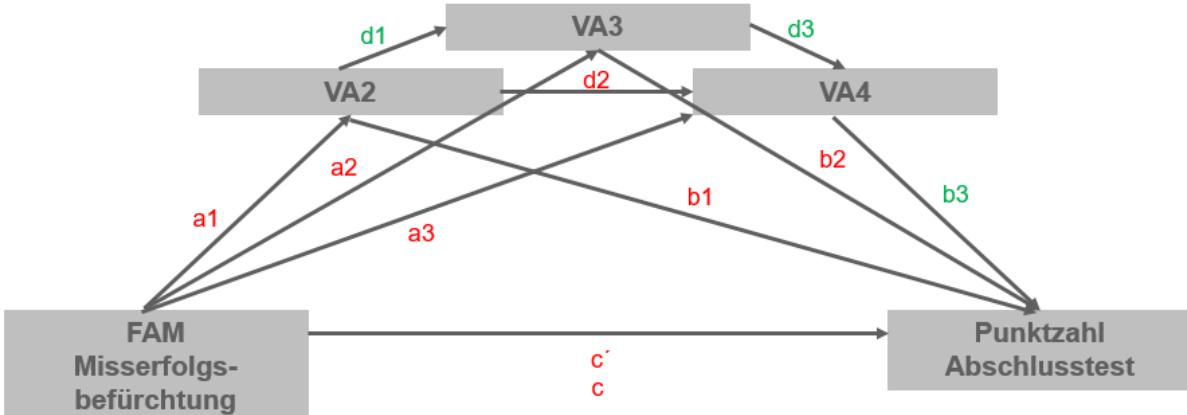
b1(-0.001, p=0.997), b2(0.382, p=0.370), b3(-0.355, p=0.469)

c'(-0.135, p=0.494)

d1(0.562, p<0.001), d2(0.132, p=0.198), d3(0.653, p<0.001)

c(-0.124, p=0.471)

Abbildung 93: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die negative Aktivierung



Anmerkungen. Signifikante Pfade werden grün dargestellt, nicht signifikante Pfade werden rot dargestellt.

a1(-0.067, p=0.704), a2(0.003, p=0.977), a3(-0.094, p=0.369)

b1(-0.057, p=0.858), b2(-0.504, p=0.121), b3(0.621, p=0.038)

c'(-0.069, p=0.684)

d1(0.782, p<0.001), d2(0.284, p=0.149), d3(0.429, p=0.026)

c(-0.124, p=0.471)

Abbildung 94: Mediationsanalyse zur Vorhersage der Lernresultate durch die Misserfolgsbefürchtung vermittelt über die Valenz

A6.3 Zusammenfassung der Kernaussagen der offenen Fragen des Online-Fragebogens

Tabelle 206: Zusammenfassung der offenen Fragen (Fragestellung 1)

Waren die Anpassungen und Vorschläge beim Lernen mit der NanoTecLearn-Plattform für Sie inhaltlich passend?	Vorschläge und Empfehlungen allgemein hilfreich Einbettung von Videos waren motivationsförderlich und hilfreich zur Vertiefung des Wissens Wiederholen von Grundlagen und Fachbegriffen durch Adaptation hilfreich für Verständnis Inhalte der Reflexion für Verständnis hilfreich Keine adaptiven Systemreaktionen wahrnehmbar Adaptation war überflüssig, da relevante Informationen eigenständig gesucht werden
---	---

Tabelle 207: Zusammenfassung der offenen Fragen (Fragestellung 2)

Gabe es Probleme und/oder Schwierigkeiten, die Ihnen bei der Bearbeitung des Kapitels „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ aufgefallen sind?	Es sind keine Probleme aufgefallen Inhalt aufgrund fehlenden fachlichen Bezugs im Studium schwer verständlich Theorieteil und Menge an Fachbegriffen sehr überladen und überfordernd Zurück-Button aus dem Bereich Interaktion übersehen Schließen der Quiz ohne expliziten Button schwer nachvollziehbar Interaktiver Teil erschwert Aufrechterhalten der Aufmerksamkeit Videoinhalte teilweise zu lang und die Textinhalte überlagernd Abschlusstest ohne Vorwissen zu schwer und nicht ausschließlich mit der Plattform zu beantworten
--	--

A7 Usability-Studie im Kontext der adaptiven E-Learning Plattform

A7.1 Fragebogen der Usability-Studie

Zu Beginn des Fragebogens wollen wir Sie bitten, ein paar Angaben zu Ihrer Person zu machen.

Bitte geben Sie Ihr Alter an. _____

In welchem Fachsemester befinden Sie sich? _____

Bitte geben Sie Ihren angestrebten Abschluss an.

Bachelor Master Diplom Promotion

Bitte geben Sie Ihren Studiengang an.

- Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft
- Biomedizinische Technik
- Biotechnische Chemie
- Elektrotechnik und Informationstechnik
- Maschinenbau
- Mechatronik
- Medienwirtschaft
- Medientechnologie
- Micro- und Nanotechnologies
- Miniaturisierte Biotechnologie
- Optronik
- Technische Physik
- Werkstoffwissenschaft
- Wirtschaftsingenieurwesen
- Sonstiges _____

Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.

- Männlich
- Weiblich
- Keine Angabe

Ist Deutsch Ihre Muttersprache?

- Ja
- Nein

Haben Sie schon einmal mit der NanoTecLEarn-Plattform gearbeitet?

- Ja
- Nein

Wie gut schätzen Sie Ihr Vorwissen im Bereich Mikrotechnik auf einer fünfstufigen Skala an („gar kein Vorwissen“ bis „sehr hohes Vorwissen“)?

- Gar kein Vorwissen
- Wenig
- Durchschnittliches
- Hohes
- Sehr hohes Vorwissen

Wie gut schätzen Sie Ihr Vorwissen zum Thema „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ auf einer fünfstufigen Skala an („gar kein Vorwissen“ bis „sehr hohes Vorwissen“)?

- Gar kein Vorwissen
- Wenig
- Durchschnittliches
- Hohes
- Sehr hohes Vorwissen

Aufgabe

Sie haben von der Versuchsleitung eine Probandennummer zugewiesen bekommen. Bitte tragen Sie diese Nummer hier ein. _____

Bitte loggen Sie sich mit der Ihnen zugewiesenen Nummer auf der NanoTecLearn-Plattform ein.

Sie befinden sich nun auf der Startseite der NanoTecLearn-Plattform. Begeben Sie sich zu dem Kapitel **„Wechselwirkungen an Grenzflächen“** und bearbeiten Sie dessen Inhalte für **mindestens 30 Minuten**. Sollten Sie dabei mehrfach zum selben Abschnitt geführt werden, arbeiten Sie diesen bitte erneut durch.

Bei Unklarheiten oder Fragen wenden Sie sich bitte an Ihre Versuchsleitung.

Im Folgenden werden Ihnen Aussagen zur E-Learning Plattform NanoTecLearn präsentiert.

Bitte kreuzen Sie an, inwiefern Sie den folgenden Aussagen zustimmen („stimme nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“). Stellen Sie sich bitte bei der Beantwortung diese Fragen vor, dass Sie einen inhaltlich passenden Studiengang studieren würden und inwiefern Sie in dieser Situation die Lernplattform als nützlich ansehen würden.

	Stimme nicht zu	Stimme eher nicht zu	Teils/Teils	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
Angenommen ich habe Zugang zu NanoTecLearn, dann beabsichtige ich es zu nutzen.	<input type="radio"/>				
Wenn ich Zugang zu NanoTecLearn habe, sage ich voraus, dass ich es nutzen werde.	<input type="radio"/>				
Die Nutzung von NanoTecLearn verbessert meine Studienleistung.	<input type="radio"/>				
Die Nutzung von NanoTecLearn erhöht die Produktivität meiner Studienarbeit.	<input type="radio"/>				
Die Nutzung von NanoTecLearn steigert die Effektivität meiner Studienarbeit.	<input type="radio"/>				
Ich finde NanoTecLearn nützlich für mein Studium.	<input type="radio"/>				
Der Umgang mit NanoTecLearn ist für mich klar und verständlich.	<input type="radio"/>				
Der Umgang mit NanoTecLearn erfordert von mir keine große geistige Anstrengung.	<input type="radio"/>				
Ich finde NanoTecLearn leicht zu bedienen.	<input type="radio"/>				
Ich finde, NanoTecLearn macht ohne Probleme das, was ich möchte.	<input type="radio"/>				

Wie schätzen Sie Ihre Kontrolle über die adaptive Lernplattform NanoTecLearn ein?

Bitte geben Sie auf einer fünfstufigen Skala (von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“) an, inwiefern Sie den folgenden Aussagen zustimmen.

Es gibt keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort. Ihre persönliche Meinung zählt.

	Stimme nicht zu	Stimme eher nicht zu	Teils/Teils	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
Ich habe das Gefühl, die volle Kontrolle über die Benutzeroberfläche und deren Anpassungen zu haben.	<input type="radio"/>				
Es ist einfach, die Benutzeroberfläche und deren Anpassungen zu kontrollieren.	<input type="radio"/>				
Die Benutzeroberfläche unterstützt eine komfortable Systemnutzung.	<input type="radio"/>				
Die Benutzeroberfläche vermeidet unnötige Benutzereingaben und Interaktionsschritte.	<input type="radio"/>				
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung, im Sinne eines Vorschlags für ein empfohlenes Nachfolgekapitel, vorgenommen wurde.	<input type="radio"/>				
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung unterbrochen oder unterbunden werden kann.	<input type="radio"/>				

Wie schätzen Sie die NanoTecLearn-Plattform insgesamt ein?

Bitte geben Sie Ihre Beurteilung ab.

Um die NanoTecLearn-Plattform zu bewerten, füllen Sie bitte den nachfolgenden Fragebogen aus. Er besteht aus Gegensatzpaaren von Eigenschaften, welche die Lernplattform haben kann. Abstufungen zwischen den Gegensatzpaaren sind durch Kreise dargestellt. Durch Ankreuzen eines dieser Kreise können Sie Ihre Zustimmung zu einem Begriff äußern.

Beispiel:

Attraktiv Unattraktiv

Mit dieser Beurteilung sagen Sie aus, dass Sie die Lernplattform eher attraktiv als unattraktiv einschätzen.

Entscheiden Sie möglichst spontan. Es ist wichtig, dass Sie nicht lange über die Begriffe nachdenken, damit Ihre unmittelbare Einschätzung zum Tragen kommt.

Bitte kreuzen Sie immer eine Antwort an, auch wenn Sie bei der Einschätzung zu einem Begriffspaar unsicher sind oder finden, dass es nicht so gut zur Lernplattform passt.

Unerfreulich	<input type="radio"/>	Erfreulich						
Unverständlich	<input type="radio"/>	Verständlich						
Kreativ	<input type="radio"/>	Phantasielos						
Leicht zu lernen	<input type="radio"/>	Schwer zu lernen						
Wertvoll	<input type="radio"/>	Minderwertig						
Langweilig	<input type="radio"/>	Spannend						
Uninteressant	<input type="radio"/>	Interessant						
Unberechenbar	<input type="radio"/>	Voraussagbar						
Schnell	<input type="radio"/>	Langsam						
Originell	<input type="radio"/>	Konventionell						
Behindern	<input type="radio"/>	Unterstützend						
Gut	<input type="radio"/>	Schlecht						
Kompliziert	<input type="radio"/>	Einfach						
Abstoßend	<input type="radio"/>	Anziehend						
Herkömmlich	<input type="radio"/>	Neuartig						
Unangenehm	<input type="radio"/>	Angenehm						
Sicher	<input type="radio"/>	Unsicher						
Aktivierend	<input type="radio"/>	Einschläfernd						
Erwartungskonform	<input type="radio"/>	Nicht erwartungskonform						
Ineffizient	<input type="radio"/>	Effizient						
Übersichtlich	<input type="radio"/>	Verwirrend						
Unpragmatisch	<input type="radio"/>	Pragmatisch						
Aufgeräumt	<input type="radio"/>	Überladen						
Attraktiv	<input type="radio"/>	Unattraktiv						
Sympathisch	<input type="radio"/>	Unsympathisch						
Konservativ	<input type="radio"/>	Innovativ						

Waren Ihre Anpassungen und Vorschläge beim Lernen mit der NanoTecLearn-Plattform für Sie inhaltlich passend?

Bitte geben Sie an, ob Ihnen die Adaptationen (sofern Sie welche bemerkt haben) gefallen haben und diese für Ihren Lernprozess hilfreich waren.

Gab es Probleme und/oder Schwierigkeiten, die Ihnen bei der Bearbeitung des Kapitels „Wechselwirkungen an Grenzflächen“ aufgefallen sind?

Wenn ja, dann beschreiben Sie diese bitte kurz.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

Bitte gehen Sie nun kurz zu Ihrer Versuchsleitung. Sie erhalten ein Formular für die Überweisung Ihres Probandenhonorars.

A7.2 Statistische Auswertung

Zusätzliche Angaben zur Häufigkeitsanalyse der demographischen Daten

Tabelle 208: Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter und Fachsemester

Konstrukt	M	SD
Alter ^a	22.26	1.55
Fachsemester ^b	5.52	2.54

Anmerkungen. N=31. ^a Min=20, Max=25; ^b Min=1, Max=8

Tabelle 209: Häufigkeitsanalyse von Geschlecht, Studiengang und Abschluss

Konstrukt	Häufigkeit	Prozent
Geschlecht		
Männlich	12	38,7
Weiblich	19	61,3
Studiengang		
Maschinenbau	1	3,2
Optronik	1	3,2
Medientechnologie	4	12,9
Medienwirtschaft	3	9,7
Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft	22	71,0
Abschluss		
Bachelor	24	77,4
Master	7	22,6

Anmerkungen. N=31

Zusätzliche Angaben zur Häufigkeitsanalyse der Fragebogeninstrumente

Tabelle 210: Skalenmittelwerte und Standardabweichungen der Items des Kontrollempfindens der finalen Version

Item (Faktor)	M	SD
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung, im Sinne eines Vorschlags für ein empfohlenes Nachfolgekapitel vorgenommen wurde. (T)	3.42	1.18
Das System vermittelt verständlich, dass eine Anpassung unterbrochen oder unterbunden werden kann. (T)	2.71	1.13
Ich habe das Gefühl, die volle Kontrolle über die Benutzeroberfläche zu haben. (C)	3.55	0.89
Es ist einfach, die Benutzeroberfläche zu kontrollieren. (C)	3.71	0.94
Die Benutzeroberfläche unterstützt eine komfortable Systemnutzung. (CU)	3.84	1.00
Die Benutzeroberfläche vermeidet unnötige Benutzereingaben und Interaktionsschritte. (CU)	4.19	1.01

Anmerkungen. N=31. T – Transparency; C – Controllability; CU – Comfort of Use. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 211: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items der Technologieakzeptanz der finalen Version

Item (Faktor)	M	SD
Angenommen ich habe Zugang zu NanoTecLearn, dann beabsichtige ich es zu nutzen. (I)	3.77	1.20
Wenn ich Zugang zu NanoTecLearn habe, sage ich voraus, dass ich es nutzen werde. (I)	3.68	1.28
Die Nutzung von NanoTecLearn verbessert meine Studienleistung. (N)	3.65	1.05
Die Nutzung von NanoTecLearn erhöht die Produktivität meiner Studienarbeit. (N)	3.42	1.29
Die Nutzung von NanoTecLearn steigert die Effektivität meiner Studienarbeit. (N)	3.35	1.25
Ich finde NanoTecLearn nützlich für mein Studium. (N)	3.77	1.23
Der Umgang mit NanoTecLearn ist für mich klar und verständlich. (B)	3.87	1.23
Der Umgang mit NanoTecLearn erfordert von mir keine große geistige Anstrengung. (B)	3.58	0.99
Ich finde NanoTecLearn leicht zu bedienen. (B)	4.00	1.00
Ich finde NanoTecLearn macht ohne Probleme das, was ich möchte. (B)	3.71	0.82

Anmerkungen. N=31. I - Intention; N – Wahrgenommener Nutzen; B – Wahrgenommene Bedienbarkeit. Min=1.00; Max=5.00

Tabelle 212: Skalenmittelwerte und Standardabweichungen der Items des UEQ der finalen Version

Item (Faktor)	M	SD
Gut – Schlecht (A)	5.81	1.28
Sympathisch – Unsympathisch (A)	5.16	1.39
Attraktiv – Unattraktiv (A)	4.94	1.46
Unangenehm – Angenehm* (A)	5.10	1.54
Abstoßend – Anziehend* (A)	5.13	1.31
Unerfreulich – Erfreulich* (A)	5.16	1.49
Schnell – Langsam (E)	5.52	1.34
Aufgeräumt – Überladen (E)	5.23	1.91
Unpragmatisch – Pragmatisch* (E)	5.32	1.33
Ineffizient – Effizient* (E)	5.52	0.96
Leicht zu lernen – Schwer zu lernen (D)	5.39	1.43
Unverständlich – Verständlich* (D)	5.61	1.48
Kompliziert – Einfach* (D)	5.13	1.48
Übersichtlich – Verwirrend (D)	5.29	1.60
Unberechenbar – Voraussagbar* (Ste)	5.42	0.92
Sicher – Unsicher (Ste)	5.48	1.15
Erwartungskonform – Nicht erwartungskonform (Ste)	5.13	1.43
Behindernd – Unterstützend* (Ste)	5.90	1.25
Wertvoll – Minderwertig (Sti)	5.65	1.05
Aktivierend – Einschläfernd (Sti)	4.48	1.71
Langweilig – Spannend* (Sti)	4.48	1.55
Uninteressant – Interessant* (Sti)	5.26	1.59
Kreativ – Phantasielos (O)	4.77	1.54
Originell – Konventionell (O)	4.84	1.51
Herkömmlich – Neuartig* (O)	4.52	1.57
Konservativ – Innovativ* (O)	4.87	1.38

Anmerkungen. N=31. A – Attraktivität; E – Effizienz; D – Durchschaubarkeit; Ste – Steuerbarkeit; Sti – Stimulation; O – Originalität. Min=1.00; Max=7.00. Items, die mit * gekennzeichnet sind, werden bei der Auswertung umgepolt

Visualisierung der UEQ-Daten der finalen Plattformversion

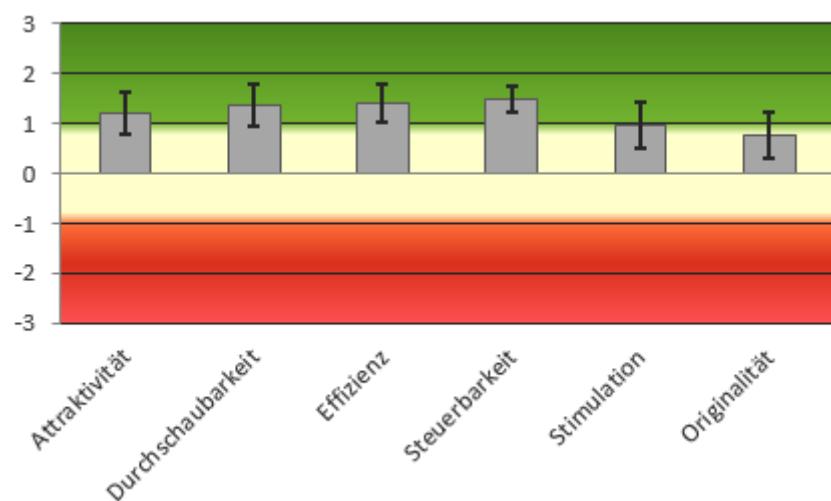


Abbildung 95: Visualisierung der UEQ-Daten der finalen Plattformversion