

# Studien zum Physik- und Chemielernen

M. Hopf und M. Ropohl [Hrsg.]

356

Andrea Maria Schmid

## **Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen**

Eine zweiteilige Interventionsstudie in den  
Fachdidaktiken Physik und Technik



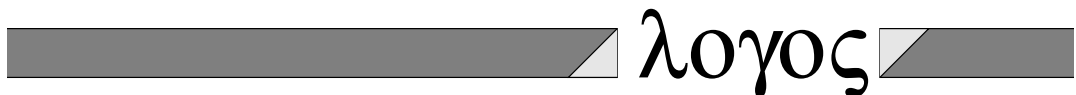
λογος



Andrea Maria Schmid

# **Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen**

Eine zweiteilige Interventionsstudie in den  
Fachdidaktiken Physik und Technik



Publiziert mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds  
zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind  
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.



Dieses Werk ist lizenziert unter einer CC-BY-SA Lizenz (Creative Commons  
Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland).

Erscheinungsjahr: 2023

Textsatz: Florian Hawemann (satz+layout, Berlin)

DOI 10.30819/5605

ISBN 978-3-8325-5605-1

Logos Verlag Berlin GmbH  
Georg-Knorr-Str. 4, Geb. 10  
D-12681 Berlin

Tel.: +49 (0)30 42 85 10 90

Fax: +49 (0)30 42 85 10 92

INTERNET: <http://www.logos-verlag.de>

## Abstract

Die vorliegende Dissertationsarbeit *Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen* (AutKoM) hatte zum Ziel, das Potenzial von authentischen Kontexten im Bereich von Physik, Technik sowie Informatik zur Förderung affektiver Merkmale bei Lernenden zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden Konstrukte wie Interesse, Einstellungen und Fähigkeitsselbstkonzept auf der Ebene der Lehramtsstudierenden (Teilstudie I) und bei Schüler\*innen der Volksschule mit Schwerpunkt Sekundarstufe I (Teilstudie II) erforscht. In der zweiteiligen Interventionsstudie wurden physikalisch-technische bzw. informatisch-technische Forschungsprojekte einer Fachhochschule als authentische Lernkontexte im Setting des Lehr-Lern-Labors eingesetzt. Die empirische Prüfung der Interventionswirkung in der Teilstudie I erfolgte anhand eines quantitativen, quasi-experimentellen Prä-Inter-Post-Designs mit insgesamt  $N = 176$  Lehramtsstudierenden und für die Teilstudie II entlang eines quantitativen Prä-Post-Designs mit insgesamt  $N = 1\,156$  Schüler\*innen vom 5. bis 9. Schuljahr. Die in der Teilstudie I als Lernkontexte eingesetzten, aktuellen Forschungsprojekte der technischen Fachhochschule wiesen insgesamt hohe Werte für die Authentizität, den Alltagsbezug und die Interessensvalenzen auf, jedoch tiefe Werte für die Besonderheit. Im Setting des Lehr-Lern-Labor-Seminars konnte ein signifikanter Anstieg des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts, als Teilkonstrukt der Teilidentität für Physik und Technik, bei den angehenden Lehrkräften nachgewiesen werden. Die empirischen Befunde der Teilstudie II erbrachten, dass die Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen sich hinsichtlich des Geschlechts und des Alters in allen sechs gemessenen Subdimensionen signifikant unterschieden. Die zwei jeweils halbtägigen MINT-Fördermaßnahmen bewirkten teils genderspezifische Veränderungen der Technikeinstellungen bei den Schüler\*innen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie implizieren, dass Kooperationen zwischen technischen Fachhochschu-

len und der Lehramtsausbildung es ermöglichen, stark fachlich geprägte Forschungsprojekte didaktisch aufbereitet als Lehr-Lern-Material zur Förderung des Professionswissens und -handelns angehender Lehrpersonen sowie für den außerschulischen MINT-Lerneinsatz auf der Volksschulstufe zu nutzen.

# Vorbemerkung und Danksagung

*Per aspera ad astra*

Die vorliegende Arbeit ist das Resultat einer langen Reise, auf der mich viele Menschen fachlich sowie emotional begleitet haben. Ihnen allen gebührt mein innigster Dank!

Zuvorderst möchte ich meiner Doktormutter Prof. Dr. Dorothee Brovelli danken, die mich mit ihrem großen Vertrauen in mich und ihrer unermüdlichen Unterstützung als Fels in der Brandung über all die Jahre begleitet und gefördert hat. Ebenso gilt ein großer Dank meinem Zweitbetreuer, Prof. Dr. Markus Rehm, der mir mit seinem wertvollen Erfahrungsschatz auf allen Ebenen immer wieder unterstützend zur Seite stand. Ihr unermüdliches Engagement für die fachdidaktische Forschung und insbesondere für den wissenschaftlichen Nachwuchs ist für mich vorbildlich!

Ein weiterer Dank gilt meinen Kommilitoninnen und Kommilitonen des binationalen Promotionskollegs PH Heidelberg und PH Luzern sowie Prof. Dr. Markus Wilhelm, die mich gelehrt haben, Höhen und Tiefen anzunehmen. Und Deborah Bernhard, die mich bis zum Schluss motiviert hat, den Forschungsgeist während des Dissertationsmarathons nie zu verlieren.

Das Dissertationsprojekt wäre ohne Kooperation zwischen der Pädagogischen Hochschule Luzern und der Hochschule Luzern Technik & Architektur sowie Informatik nicht umsetzbar gewesen. Zahlreiche Menschen beider Hochschulen haben über die Jahre hinweg intensiv an den Kooperationsprojekten mitgearbeitet. An der Partnerhochschule möchte ich mich insbesondere bei Prof. Dr. René Hüsler, Eveline Thaler und Roli Christen für ihren unermüdlichen Einsatz bedanken. An der PH Luzern konnte ich bei den Interventionen stets auf die Unterstützung von Mitarbeitenden u. a. aus den Fachbereichen Naturwissenschaften und Technik sowie Medien und Informatik zählen. Insbesondere waren dies Doris Reck, Marcel Schmid, Regula Brun, Daniel Gysin, Michelle

Hermann, Michel Hauswirth, Urs Meier, Janine Küng, Susanne Wildhirt, Gaby Schürch, Michela Mastrolacasa und Frank Ellerkamp. Finanzielle Beiträge erhielten die beiden Hochschulen für MINT-Förderungsprojekte durch projektgebundene Beiträge des Schweizer Bundes sowie durch ein zusätzliches Programm der Akademien der Wissenschaften Schweiz. Meine Forschungsarbeit wurde finanziell durch die Forschungsförderung an der PH Luzern unterstützt.

Die drei Interventionen konnten nur dank der Teilnahme zahlreicher Lehramtsstudierender sowie Lehrpersonen mit ihren Schulklassen durchgeführt und beforscht werden. Ihnen danke ich für ihre Offenheit gegenüber solchen MINT-Förderungsprojekten. Nicht minder wichtig waren all die Personen, die mit mir an Tagungen oder in persönlichen Gesprächen das Forschungsvorhaben sowie die inhaltliche Umsetzung gespiegelt und diskutiert haben.

Die allergrößte Zuneigung gilt meinem Lebensgefährten Roland Nünlist und meinen lieben Freunden. Ohne ihre Geduld, Zuversicht und Unterstützung hätte ich das Dissertationsvorhaben nie gestartet und vollendet.

Retrospektiv betrachtet stellt diese Arbeit die Weichen für das künftige wissenschaftliche Wirken von mir selbst dar. Es ist somit erst der Anfang vom Beginn.

*Diese Arbeit widme ich meinen beiden Sternenpatenkindern, Orell und Valerio. Die Zeit mit euch auf Erden war leider viel zu kurz.*



# Inhaltsübersicht

1	Einleitung.....	15
2	Theoretischer und empirischer Hintergrund .....	19
3	Forschungsfragen und Design der Teilstudien I & II.....	83
4	Interventionsentwicklungen der Teilstudien I & II .....	93
5	Methode zur Teilstudie I.....	113
6	Ergebnisse zur Teilstudie I.....	147
7	Diskussion zur Teilstudie I.....	205
8	Methode zur Teilstudie II.....	225
9	Ergebnisse zur Teilstudie II .....	255
10	Diskussion zur Teilstudie II .....	275
11	Synopse beider Teilstudien und Ausblick .....	291
	Abkürzungsverzeichnis.....	297
	Abbildungsverzeichnis .....	299
	Tabellenverzeichnis.....	307
	Literaturverzeichnis .....	313
	Anhang: Zusatzunterlagen Teilstudien I & II .....	343



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	15
<b>2 Theoretischer und empirischer Hintergrund</b> .....	19
2.1 Positionierung der MINT-Bildung im Schweizer Schulkontext.....	19
2.1.1 Die MINT-Bildung im Deutschschweizer Lehrplan 21 ..	20
2.1.2 Die Rolle der Technik in der MINT-Bildung auf der Sekundarstufe I.....	23
2.2 Kontextualisiertes Lernen im naturwissenschaftlich- technischen Unterricht.....	26
2.2.1 Charakterisierung von Kontexten .....	27
2.2.2 Empirische Befunde zum kontextualisierten Lernen.....	31
2.2.3 Wirkung von Kontexten mit unterschiedlichen Merkmale.....	32
2.2.4 Fazit zum Forschungsbereich kontextualisiertes Lernen .	35
2.3 Affektive Merkmale des kontextualisierten Lernens.....	35
2.3.1 Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik.....	36
2.3.1.1 Eine Übersicht zu Einstellungskonstrukten und möglichen Einflussfaktoren .....	36
2.3.1.2 Instrumente und Studien individueller Einstellun- gen zu naturwissenschaftlich-technischen Berufen. . .	38
2.3.1.3 Instrumente und Studien individueller Technik- einstellungen von Kindern und Jugendlichen (PATT-SQ-Instrument).....	40
2.3.1.4 Der Einfluss kollektiver Einstellungen auf affektive und kognitive Merkmale von Lernenden in den MINT-Fächern .....	43
2.3.2 Motivation und Interesse in Naturwissenschaften und Technik.....	46
2.3.2.1 Die intrinsische und extrinsische Motivation.....	46

2.3.2.2	Das individuelle und situationale Interesse.....	47
2.3.3	Das fähigkeitsbezogene Selbstkonzept in Naturwissen- schaften und Technik .....	53
2.3.3.1	Eine Einordnung des allgemeinen und fach- spezifischen Selbstkonzeptkonstrukts .....	54
2.3.3.2	Abgrenzung zur Selbstwirksamkeitserwartung .....	56
2.3.3.3	Bezugsrahmeneffekte .....	57
2.3.3.4	Ursachenzuschreibung (Attributionstheorie).....	58
2.3.3.5	Einflüsse des fähigkeitsbezogenen Selbstkonzepts auf Lernleistungen und Berufswahl .....	59
2.3.3.6	Die Messbarkeit des Selbstkonzepts .....	62
2.3.4	Mögliche Zusammenhänge affektiver Merkmale anhand der Erwartungs-Wert-Theorie.....	63
2.4	Identitätskonstruktionen im Bereich von Naturwissen- schaften und Technik .....	67
2.4.1	Die Rolle der Identitätsentwicklung für die Fach- didaktik in Naturwissenschaften und Technik .....	68
2.4.2	Die professionelle Identität angehender Lehrpersonen als Teil der Professionalisierung .....	70
2.4.3	Eine theoretische Modellierung der fachbezogenen Teilidentität in der Physikdidaktik.....	75
2.5	Das Potenzial von Lehr-Lern-Laboren für die MINT- Bildung.....	77
2.5.1	Das Konzept des Lehr-Lern-Labors aus fach- didaktischer Sicht.....	78
2.5.2	Empirische Befunde und Desiderate zum Setting des Lehr-Lern-Labors.....	80
<b>3</b>	<b>Forschungsfragen und Design der Teilstudien I &amp; II.....</b>	<b>83</b>
3.1	Forschungsfragen und Hypothesen der Teilstudien I & II ...	85
3.2	Forschungsdesign der Teilstudie I.....	89
3.3	Forschungsdesign der Teilstudie II.....	91

---

<b>4</b>	<b>Interventionsentwicklungen der Teilstudien I &amp; II</b>	93
4.1	Das Projekt PgB MINT-Bildung	93
4.2	Interventionsentwicklung der Teilstudie I	94
4.3	Interventionsentwicklungen der Teilstudie II	101
4.3.1	Intervention 1 an der Hochschule Luzern T&A	101
4.3.2	Intervention 2 in der Lernwerkstatt an der Pädagogischen Hochschule Luzern	103
<b>5</b>	<b>Methode zur Teilstudie I</b>	113
5.1	Stichprobe	113
5.2	Durchführung der Teilstudie	115
5.3	Erhebungsinstrumente	118
5.3.1	Fragebogen des Prä-Post-Tests	118
5.3.2	Messinvarianztestung des Prä-Post-Tests	127
5.3.3	Fragebogen des zweiteiligen Begleittests	133
5.4	Auswertungsmethoden zur Teilstudie I	141
5.4.1	Datenstruktur	141
5.4.2	<i>t</i> -Test und Varianzanalyse	143
5.4.3	Faktoranalyse und Strukturgleichungsmodell	144
5.4.4	Verwendete Software	145
<b>6</b>	<b>Ergebnisse zur Teilstudie I</b>	147
6.1	Deskriptive Statistik und Korrelationen	147
6.1.1	Prä-Post-Daten	147
6.1.2	Begleittest-Daten	151
6.2	Forschungsfrage 1: Kontextmerkmale und situationales Interesse	153
6.2.1	Hypothesen 1 & 2	153
6.2.2	Hypothese 3	161
6.3	Forschungsfrage 2: Interventionswirkung	162
6.3.1	Prüfung der Voraussetzungen	163
6.3.2	Hypothesen 4–6	165

6.3.3	Hypothese 7.....	173
6.4	Forschungsfrage 3: Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Konstrukten in der Interventionsgruppe ....	179
6.4.1	Hypothesen 8–10: Teilidentitätsmodell mit Ein- stellungen Technikwissenschaften .....	180
6.4.2	Hypothesen 8–10: Teilidentitätsmodell mit Ein- stellungen Naturwissenschaften .....	186
6.4.3	Erweiterte Hypothesenprüfung zur Fragestellung 3 ....	192
<b>7</b>	<b>Diskussion zur Teilstudie I</b> .....	<b>205</b>
7.1	Kontextmerkmale und situationales Interesse (Hypothesen 1–3).....	206
7.2	Interventionswirkung (Hypothesen 4–7) .....	210
7.3	Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Kon- strukten in der Interventionsgruppe (Hypothesen 8–10) ...	216
7.4	Konklusion der Diskussion der Teilstudie I .....	220
7.5	Grenzen und Aussagekraft der Teilstudie I.....	221
<b>8</b>	<b>Methode zur Teilstudie II</b> .....	<b>225</b>
8.1	Stichprobe.....	225
8.2	Durchführung der Teilstudie .....	227
8.3	Erhebungsinstrumente Teilstudie II.....	230
8.3.1	Fragebogen PATT-SQ.....	230
8.3.1.1	Translationsverfahren.....	231
8.3.1.2	Skalenanalysen.....	232
8.3.2	Messinvarianztestung .....	239
8.3.3	Prüfung Strukturgleichungsmodell Technikein- stellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ .....	246
8.4	Auswertungsmethoden zur Teilstudie II .....	251

<b>9 Ergebnisse zur Teilstudie II</b> .....	255
9.1 Deskriptive Statistik und Korrelationen .....	255
9.2 Forschungsfrage 4: Technikeinstellungen .....	259
9.2.1 Hypothese 11.....	260
9.3 Forschungsfrage 5: Interventionsbedingte Veränderungen..	265
9.3.1 Hypothese 12: Entwicklung Interventionsgruppe 1 ....	266
9.3.2 Hypothese 12: Entwicklung Interventionsgruppe 2 ....	269
<b>10 Diskussion zur Teilstudie II</b> .....	275
10.1 Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen (Hypothese 11) .....	276
10.2 Interventionsbedingte Veränderungen (Hypothese 12) ...	278
10.3 Konklusion der Diskussion der Teilstudie II .....	284
10.4 Grenzen und Aussagekraft der Teilstudie II .....	287
<b>11 Synopse beider Teilstudien und Ausblick</b> .....	291
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	297
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	299
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	307
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	313
<b>Anhang: Zusatzunterlagen Teilstudien I &amp; II</b> .....	343





# 1 Einleitung

Der Fachkräftemangel in mathematischen, informatischen, naturwissenschaftlichen und technischen (sog. MINT-)Bereichen ist in den sogenannten DACH-Ländern (Deutschland, Österreich und Schweiz) stark ausgeprägt. Der Anteil Frauen in MINT-Fächern befindet sich im internationalen Studienvergleich in den drei Ländern auf einem niedrigen Niveau (Stoet & Geary, 2018). Kompetenzen in diesen Domänen spielen insbesondere für die Innovationskraft in Wirtschaft und Gesellschaft eine tragende Rolle. Die MINT-Bildung ihrerseits hat aus wirtschaftlich-politischen Perspektiven heraus in den letzten Jahren zunehmende Beachtung erhalten. Resultate der PISA-Studie implizieren, dass Einstellungen sowie damit verbundene Interessen zu Naturwissenschaften und Technik u. a. einen Einfluss auf das Engagement, den Berufswunsch sowie die Teilidentitätsentwicklung in diesen Bereichen haben (OECD, 2016). Unter Betrachtung einer tendenziellen Abnahme dieser affektiven Merkmale (Barmby et al., 2008; Potvin & Hasni, 2014) im Laufe der Sekundarstufe I sowie der geschlechtsspezifischen Unterschiede (Krapp & Prenzel, 2011; Osborne et al., 2003; van Vorst & Aydogmus, 2021) besteht die Notwendigkeit, insbesondere die Fächer Physik, Technik und Informatik für alle Geschlechter attraktiver zu gestalten (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften [acatech] & Körber-Stiftung, 2021). Geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Beteiligung in diesen Fächern können auf übergreifende Faktoren, wie z. B. männlich geprägte bzw. stereotype Soziotope, die Frauen ein geringeres Zugehörigkeitsgefühl vermitteln als Männern, unzureichende frühe Erfahrungen mit diesen Fachbereichen und geschlechtsspezifische Unterschiede bei den entsprechenden Selbstkonzepten sowie der Selbstwirksamkeit, zurückgeführt werden (Cheryan et al., 2017). Es zeigt sich, dass die Berufswahl entlang des persönlichen Bestfaches und die Stereotypisierung von Frauen als altruistisch oder fürsorglich besonders in reichen, gleichberechtigten Gesellschaften stärker ausgeprägt sind (Stoet & Geary, 2018). Dabei verzeichnet das Lernen der vermeintlich harten Naturwissenschaftsdisziplinen – wie z. B. Physik und Technik – in

kontextualisiert aufbereiteten Umgebungen das Potenzial, die Lehr- und Lernmotivation sowie die entsprechende Leistung über persönlichkeitsrelevante Merkmale positiv zu beeinflussen (Bennett et al., 2007; Sevian et al., 2018; N. Ültay & Çalık, 2012).

Entsprechende MINT-Fördermaßnahmen werden vermehrt auf nationaler Ebene gebündelt und mit curricularer Verankerung als längerfristige Anlagen auf unterschiedlichen Schulstufen implementiert. So verfolgt z. B. ein aktuelles Programm in der Schweiz – Nationales Netzwerk MINT-Bildung – das Ziel, durch Bündelung des Know-hows und die Zusammenarbeit von Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen einen maßgebenden Beitrag zur Förderung der MINT-Bildung in den obligatorischen Schulstufen zu leisten und dem MINT-Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Eine umfassende MINT-Förderung für die Volksschule setzt dabei auf Ebene der (angehenden) Lehrpersonen sowie Schüler\*innen der Zielstufe an.

Forschungsarbeiten legen dar, dass Lehrpersonen durch das auf ihren professionellen Kompetenzen beruhende Unterrichtshandeln direkt auf die Qualität des Unterrichts einwirken (M. M. Keller et al., 2017; Kulgemeyer & Riese, 2018). Die Unterrichtsqualität ihrerseits hat einen Einfluss auf die Leistung und die Motivation der Schüler\*innen (Lipowsky, 2006). Als vielversprechend für die Steigerung der Unterrichtsqualität kristallisierte sich die Förderung der Professionskompetenzen als Zusammenhang von fachlichen, fachdidaktischen und pädagogischen Kompetenzen heraus, aber auch die Motivation einer Lehrkraft sowie ihre Überzeugungen und ihre Fähigkeit zur Selbstregulation stellen bedeutende Wirkfaktoren dar (Baumert & Kunter, 2006). Entsprechend konzentriert sich das zentrale Anliegen der Lehramtsausbildung auf die Professionalisierung bzw. den Aufbau professioneller Kompetenz der (angehenden) Lehrpersonen (u. a. Baumert & Kunter, 2006; Blömeke et al., 2015; Messner & Reusser, 2000). Lehrpersonen agieren im Rahmen des MINT-Unterrichts als Rollenbilder für die jeweiligen Fächer. Nur wenn diese über adäquate Professionskompetenzen verfügen, sich die Themen zutrauen zu unterrichten und sie sich dem eigenen Rollenmodell auf kognitiver und motivationaler Ebene bewusstwerden, kann

eine adäquate MINT-Bildung auf der jeweiligen Zielstufe gelingen. Ein vielversprechendes Lernsetting stellt dabei das verknüpfte Erlernen fachwissenschaftlicher Inhalte und der fachdidaktischen Auseinandersetzung zur adäquaten Aufbereitung, Umsetzung und Reflexion von Unterrichtsminiaturen dar (Elsholz, 2019).

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit *Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen* (AutKoM) wird das Potenzial von authentischen Kontexten im Bereich von Physik und Technik sowie Informatik zur Förderung affektiver Merkmale wie Interesse, Einstellungen und Fähigkeitsselbstkonzept auf der Ebene der Lehramtsstudierenden sowie Schüler\*innen der Volksschule mit Schwerpunkt Sekundarstufe I untersucht. Den Forschungsrahmen bilden zwei Teilstudien im Rahmen einer Kooperation zwischen einer Fachhochschule für Technik & Architektur sowie Informatik und einer Pädagogischen Hochschule. Übergreifendes Ziel der Studien ist es, durch weiterführende Erkenntnisse der interdisziplinären MINT-Fördermaßnahmen die stufen- und hochschultypenübergreifende Zusammenarbeit zu verbessern. Die daraus resultierenden Ergebnisse können das noch junge fachdidaktische Forschungsfeld rund um das Lehr-Lern-Labor erweitern (Priemer, 2020; Rehfeldt et al., 2020).

Strukturell ist die vorliegende Forschungsarbeit entlang der beschriebenen Forschungsdesiderate in zwei Teilstudien gegliedert. Die Ziffern I bzw. II geben in den Kapitelüberschriften jeweils Hinweis auf die entsprechende Zugehörigkeit. Nachfolgend wird die Gliederung der Arbeit dargelegt. Zunächst werden im theoretisch empirischen Hintergrund (Kapitel 2) die Positionierung der MINT-Bildung, das Potenzial des kontextualisierten Lernens und damit verbundene affektive Merkmale sowie darauf beruhende (Teil-)Identitätskonstruktionen beschrieben. Als neues Thema wird im Theorieteil abschließend das Setting des Lehr-Lern-Labor(-Seminars) näher erläutert, das für die zuvor behandelten Themen relevant ist. Die aus dem Forschungsdesiderat abgeleiteten Fragestellungen und Hypothesen werden in Kapitel 3 mit den jeweiligen Forschungsdesigns der beiden Teilstudien erläutert. Die Konzeption der Intervention pro Teilstudie wird in Kapitel 4 beschrieben.

Im Anschluss daran folgt die getrennte Darstellung der beiden Studien. Dabei werden in Kapitel 5 bzw. 8 die Methodiken und in Kapitel 6 bzw. 9 die Ergebnisse dargestellt. Eine Diskussion der Teilstudien mit Limitationen erfolgt in den Kapiteln 7 und 10. Die Arbeit schließt mit der Synopse aus beiden Teilstudien, die neben der Gegenüberdarstellung und Verdichtung einen Ausblick auf weiterführende Forschungsvorhaben aufzeigt (Kapitel 11).

## **2 Theoretischer und empirischer Hintergrund**

In Kapitel 2 wird als Einstieg die Positionierung der MINT-Bildung und die Rolle der Technik darin mit Fokus Schweiz erläutert (vgl. Kapitel 2.1). Anschließend folgen theoretische und empirische Zugänge, die das Potenzial von kontextualisierten Lernumgebungen in Naturwissenschaften und Technik auf kognitive und affektive Komponenten im Bereich der Lernmotivation und Performanz von Personen darstellen (vgl. Kapitel 2.2). Die Merkmale Einstellungen, Interesse und Selbstkonzept werden ergänzend in Kapitel 2.3 einzeln in den Fokus gestellt. Mögliche theoretische Modellierungen im Erwartungs-Wert-Modell (vgl. Kapitel 2.3.4) und der erweiterten Identitätskonstruktion (vgl. Kapitel 2.4) stellen den verbindenden Rahmen der Merkmale und ihre mögliche Auswirkung auf die Lehr- und Lernleistung von Schüler\*innen sowie angehenden Lehrpersonen der Sekundarstufe I für Physik und Technik dar. Als Ausblick wird in Kapitel 2.5 auf das Potenzial von Lehr-Lern-Laboren für die MINT-Bildung als mögliches Bindeglied von Volksschule und Lehramtsausbildung eingegangen.

### **2.1 Positionierung der MINT-Bildung im Schweizer Schulkontext**

MINT-Bildung kann als Sammelbegriff von vier Einzeldisziplinen, Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften sowie Technik, oder als fachbezogene Interdisziplinarität – ein bewusstes Zusammenwirken des Wissens aus allen vier Fachbereichen – verstanden werden. Sie hat aus wirtschaftlich-politischen Perspektiven heraus weltweit, so auch in den DACH-Ländern, aufgrund von Fachkräftemangel mindernden Initiativen in den letzten Jahrzehnten an großer Popularität gewonnen (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften [acatech] & Körber-Stiftung, 2021; Güdel & Heitzmann, 2016; van Vorst & Aydogmus, 2021). So sind in Deutschland z. B. in den letzten Jahren auf Bundesland- und Bundesebene diverse Fördermaßnahmen lanciert worden, und entsprechende Förderstrategien für die MINT-Bildung in der Periode 2019 bis 2023 (u.a. MINTmagie, MINTvernetzt, MINT-Clustern) wurden mithilfe

des MINT-Aktionsplans über das Bundesministerium für Bildung und Forschung strukturiert und finanzielle Mittel wurden dafür bereitgestellt (Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF], 2019). Diese gebündelten Maßnahmen sind ergänzend zu den quantifizierten Zielen des im Jahr 2016 veröffentlichten Strategiepapiers „Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft“ (BMBF, 2016). Auch in der Schweiz haben MINT-Fördermaßnahmen für die verschiedenen Schulstufen auf kantonaler und nationaler Ebene in den letzten Jahren zugenommen. So werden u. a. durch MINT-Programme in Form von projektgebundenen Beiträgen (PgB) und durch die vom Bund beauftragten Förderinstitutionen in der Schweiz, z. B. der Akademien der Wissenschaften Schweiz, in entsprechenden Förderperioden (z. B. MINT Mandat 2021–2024, PgB MINT-Bildung 2017–2020 / 2021–2024) finanzielle Mittel für MINT-Förderung auf verschiedenen Schulstufen und ein Netzwerk für den bundesweiten Austausch gesichert (Akademien der Wissenschaften Schweiz, 2021). Auch in den basalen Strukturen der Lehrpläne und Stundentafeln zeigen sich in den letzten Jahren auf Volk- und Gymnasialstufen Veränderungen auf überkantonaler Ebene.

Als grundlegende Einordnung der vorliegenden Studie wird folgend zunächst die Positionierung der MINT-Bildung in der Deutschschweiz respektive im Deutschschweizer Lehrplan 21 (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz [D-EDK], 2016c) für Primar- und Sekundarstufe I erläutert. Da die Domäne Technik – im Gegensatz zu den anderen Fachbereichen – einen integrativen Bestandteil im Lehrplan 21 darstellt, wird in einem zweiten Schritt deren Rolle innerhalb der Curricula geklärt.

### **2.1.1 Die MINT-Bildung im Deutschschweizer Lehrplan 21**

Im Jahr 2014 wurde schweizweit erstmals ein gemeinsamer Lehrplan für die Volksschule durch die Plenarversammlung der Deutschschweizer Erziehungsdirektorenkonferenz (D-EDK) verabschiedet und in den Folgejahren implementiert. Dieser wurde für alle 21 deutsch- und mehrsprachigen Kantone erarbeitet und beruht auf den nationalen Bildungszielen bzw. Bildungsstandards (D-EDK, 2021). Diese wiederum

beschreiben die zu erreichenden Grundkompetenzen für Schüler\*innen in der obligatorischen Schulzeit für die Schulsprache Deutsch, die zweite Landessprache bzw. Fremdsprache Französisch und Englisch sowie für Mathematik und für die Naturwissenschaften (Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren [EDK], 2011).

Ein vergleichender Blick nach Deutschland zeigt, dass die Bundesländer für die Primar- und Sekundarstufe I eigene Lehr- und Rahmenpläne sowie Kerncurricula aufgrund der durch die Kultusministerkonferenz (KMK) im Jahr 2004 verabschiedeten und seit 2012 teils überarbeiteten Bildungsstandards führen (Kultusministerkonferenz [KMK], 2004). Für einen darin bisher nicht abgedeckten MINT-Bereich, die informatische Bildung, hat die Gesellschaft für Informatik als Teil eines Gesamtkonzepts Empfehlungen für Bildungsstandards in der Grundschule (Humbert et al., 2019) sowie Sekundarstufe I und II (Gesellschaft für Informatik e.V., 2008, 2016) veröffentlicht. Ein aktuelles Positionspapier zur Implementierung informatischer Bildung in der Grundschule soll dazu beitragen, diesen Bereich künftig verpflichtend und zielführend in allen Ländern einzuführen (Kortenkamp et al., 2021). Für den technischen Bereich hat der Verein Deutscher Ingenieure e.V. im Jahr 2007 Bildungsstandards für die Sekundarstufe I veröffentlicht (VDI, 2007). Der in allen Bundesländern im Fächerkanon der Grundschule verbindliche Sachunterricht hat die zentrale Aufgabe, „Schülerinnen und Schüler darin zu unterstützen, sich die natürliche, soziale und technisch gestaltete Umwelt bildungswirksam zu erschließen und dabei auch Grundlagen für den Fachunterricht an weiterführenden Schulen zu legen“ (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts [GDSU], 2013, S. 2). Somit wird eine technische Perspektive im Perspektivrahmen explizit aufgegriffen. Die Rolle der Technik in Deutschland auf der Sekundarstufe I wird mit anderen Ländern vergleichend unter Kapitel 2.1.2 weiter dargelegt.

Der sogenannte Lehrplan 21 ermöglicht grundsätzlich eine Stärkung der MINT-Fächer auf Volksschulebene in der Schweiz, u. a. durch die kompetenzorientierte und überfachliche Ausrichtung sowie die obligatorische Einführung vom Modul Medien und Informatik bis hin zur Anpassung der Anzahl Wochenlektionen in den MINT-Fächern. Auf

der Kindergarten- und Primarschulstufe (1. & 2. Zyklus, zwei Jahre Kindergarten plus Schuljahre 1–8) werden curricular mindestens zwei der vier MINT-Disziplinen im Fachbereich Natur, Mensch, Gesellschaft bzw. im Sachunterricht mehrperspektivisch betrachtet und transdisziplinär unterrichtet. Sie beinhalten die Perspektiven Natur und Technik, Wirtschaft-Arbeit-Haushalt, Raum-Zeit-Gesellschaften und Ethik-Religionen-Gemeinschaften (Kalcsics & Wilhelm, 2017). Auf der Sekundarstufe I (3. Zyklus, Schuljahre 7–9) werden die Disziplinen Mathematik, (Medien und) Informatik sowie Naturwissenschaften (integraler Begriff mit den Disziplinen Biologie, Chemie und Physik) als eigenständige Fachbereiche im Lehrplan 21 geführt, der Fachbereich Technik jedoch nicht. So wird innerhalb des Fachbereichs Natur und Technik zwar eine *naturwissenschaftliche* und eine *technische Perspektive* im Lehrplan aufgeführt, der Schwerpunkt liegt aber auf den Naturwissenschaften und ihren Fächern Biologie, Physik und Chemie (D-EDK, 2016c). Entsprechend wird in der fachcurricularen Einleitung das Ziel der Perspektive u. a. wie folgt beschrieben:

In der Perspektive Natur und Technik erschließen sich die Schülerinnen und Schüler die belebte und unbelebte Natur mit ihren Funktionsweisen und Gesetzmäßigkeiten. Sie bauen dabei sowohl physikalische, chemische und biologische als auch allgemein naturwissenschaftlich-technische Kompetenzen auf. Durch den naturwissenschaftlichen Unterricht sollen Phänomene aus Alltag und Technik besser verstanden und eigene Erfahrungen mit der Umwelt erklärt werden können. In der Auseinandersetzung mit Phänomenen und technischen Objekten erlernen die Kinder und Jugendlichen zudem typische Handlungsweisen: Sie beobachten, beschreiben, fragen, vermuten, messen, untersuchen, experimentieren, konstruieren und ziehen Schlüsse. (D-EDK, 2016a, S. 5)

Durch einzelne Querverweise zu anderen Fachbereichen werden den jeweiligen Fachcurricula des Lehrplans 21 interdisziplinäre Ansätze aufgezeigt (D-EDK, 2016c). Z. B. finden sich im Fachbereich Natur und Technik einige Querbezüge zu Textilem und Technischem Gestalten sowie Medien und Informatik. Um den interdisziplinären Ansatz der MINT-Bildung mit klar definierten Kompetenzen zu stärken, wurde in einigen Deutschschweizer Kantonen (u. a. Basel-Land, Basel-Stadt, Luzern) zusätzlich das Wahlpflichtfach MINT inkl. Modullehrplan MINT



für das 9. Schuljahr auf der Sekundarstufe I eingeführt (Dienststelle Volksschulbildung (DVS) Luzern, 2020). Die Einführung des Lehrplans 21 zog entsprechende Anpassungen und Ausweitungen der Angebote in der Lehrpersonenbildung mit sich und legte Grundlagen zur Erfüllung des Desiderats insbesondere aus der Politik nach forschungs- und entwicklungs-basierten Fördermaßnahmen für die MINT-Bildung auf allen Bildungsstufen (economiesuisse, 2016).

Da der Domäne Technik durch den integrativen Ansatz über Primar- und Sekundarstufe I im Lehrplan 21 eine besondere Rolle zufällt und keine eindeutige Fachdefinition vorliegt, wird diese im nachfolgenden Kapitel zunächst geklärt und im Vergleich zu anderen Ländern differenzierter dargestellt.

### **2.1.2 Die Rolle der Technik in der MINT-Bildung auf der Sekundarstufe I**

Aus dem Griechischen von τεχνικός / τέχνη (technikós / téchne) abstammend, wird der Begriff Technik mit Kunst, Handwerk oder Kunstfertigkeit übersetzt. Technik verzeichnet gemäß Güdel (2014) mehrere Ausrichtungen und uneinheitliche Verwendungen: Ein traditioneller Technikbegriff, von Natur- und Grundlagenwissenschaften geprägt, zielt eher darauf ab, Erkenntnisse der Naturwissenschaften für die Menschen praktisch – durch Maßnahmen, Einrichtungen und Verfahren – nutzbar zu machen (Mey, 2004). Da Technik über die zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Konzepte hinausgeht, greift eine reine Vermittlung angewandter Naturwissenschaften im Unterricht zu kurz (Güdel & Heitzmann, 2016; K. Möller, 2014). Breiter gefasste Begriffsdefinitionen gehen auf eine Vieldeutigkeit ein: „indem sie die ropohlsche Technikdefinition [Ropohl, 2009], welche Artefakte und Sachsysteme sowie deren Entstehung und Verwendung ins Zentrum stellt, mit Bezügen zu Natur- und Geisteswissenschaften erweitern“ (Güdel, 2014, S. 28).

Während Technik in Ländern wie den USA, England und Teilen Skandinaviens als eigenständiges (Wahl-)Fach u. a. mit Ausrichtung zu Technik- und Ingenieurwissenschaften geführt wird, geht in Österreich

und der Schweiz ein integrales Bild der Technikbildung hervor (Güdel & Heitzmann, 2016; Koch et al., 2019). Bezüge zur integralen technischen Bildung bzw. technischen Allgemeinbildung werden nach dem Deutschschweizer Lehrplan 21 in drei Fachbereichen bzw. fünf Schwerpunkten der Sekundarstufe I explizit aufgeführt: Textiles und Technisches Gestalten, Natur-Mensch-Gesellschaft (Schwerpunkte Natur und Technik, Räume-Zeiten-Gesellschaften sowie Wirtschaft-Arbeit-Haushalt) und Medien und Informatik (D-EDK, 2016c). In Deutschland ist es abhängig vom jeweiligen Bundesland, ob Technik als eigenständiges Fach, als integrativer Bestandteil mehrerer Fächer, als Lernbereich oder innerhalb von frei wählbaren Arbeitsgruppen vermittelt wird (Koch et al., 2019). Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagebau e.V. führte 2019 eine Analyse der Schul-Curricula zu Technikbildung aller 16 Bundesländer in Deutschland auf der Sekundarstufe I und II durch. Demnach wird in zehn Bundesländern das Fach Technik auf der Sekundarstufe I angeboten, davon jedoch in acht nur im Wahlpflichtbereich und nicht in allen Schulformen. Mehrheitlich werden in den Bundesländern Mischfächer oder die direkte Verlagerung der technischen Inhalte in die naturwissenschaftlichen Fächer angeboten (VDMA, 2019).

Der integrative Ansatz von Technischer Bildung wird insgesamt kontrovers diskutiert. Einerseits kann die Integration z. B. naturwissenschaftlicher und technischer Bildung u. a. aufzeigen, „dass das Ganze mehr als die Summe seiner Einzelteile ist“ (Schumacher et al., 2019, S. 143). Im Schweizer Lehrplan 21 wird dazu einleitend vermerkt: „Dabei sind sowohl die direkte Begegnung und die Erklärung der Phänomene als auch die Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für technische Anwendungen von Bedeutung. Diese Verknüpfung von Naturwissenschaften und Technik bildet die Grundlage für ein ausbaufähiges Technikverständnis“ (D-EDK, 2016b, Vorbemerkung, S. 6). Dabei kommt dieser interdisziplinäre Ansatz auch in Forschungen zu den sogenannten *Futur Skills* zum Tragen (z. B. Gottfried Duttweiler Institute [GDI]). Andererseits gilt zu beachten: „Bei der Einbindung von Technik in bereits bestehende Fächer oder im Sinne des fächerübergreifenden MINT-Gedankens besteht das Risiko, dass die Technik als der fachpraktische Appendix der

Tabelle 1: Übersicht der Kompetenzbereiche im Fach Technik gemäß Empfehlungen zu Bildungsstandards für Technik für den Mittleren Schulabschluss des VDI (2007)

<b>Mögliche Kompetenzbereiche im Fach Technik</b>	
Technik verstehen	Zielorientierung und Funktionen, Begriffe, Strukturen, Prinzipien der Technik kennen und anwenden
Technik konstruieren und herstellen	Technische Lösungen planen, entwerfen, fertigen, optimieren, prüfen und testen
Technik nutzen	Technische Lösungen auswählen, fach- und sicherheitsgerecht anwenden sowie entsorgen
Technik bewerten	Technik unter historischer, ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer sowie humaner Perspektive einschätzen
Technik kommunizieren	Technikrelevante Informationen sach-, fach- und adressatenbezogen erschließen und austauschen

Naturwissenschaften reduziert wird oder dass in ihr alles subsummiert wird, was sich in negativer Auswirkung auf die Gesellschaft niederschlägt“ (Koch et al., 2019, S. 8). Diese Gefahr der Technik als Appendix der naturwissenschaftlichen Bildung wird auch im 2012 erschienenen Positionspapier des VDI diskutiert (VDI, 2012). Der Verein Deutscher Ingenieure fordert klar eine Stärkung der technischen Allgemeinbildung auf allen Schulstufen in Deutschland. Aus dem Diskurs geht das Desiderat hervor, dass Lehrpersonen adäquat für MINT-Fächer aus- und weitergebildet werden und Technische Kompetenzen klar definiert im Lehrplan festgehalten sowie verbindlich umgesetzt werden (Koch et al., 2019; Mammes et al., 2019; Müller & Schumann, 2020; VDI, 2012).

In der vorliegenden Arbeit werden für Lernumgebungen naturwissenschaftlich-technische sowie vereinzelt informatisch-technische Bildungsinhalte curricular aus dem Fachbereich Natur und Technik (Schwerpunkt Physik und Technik) sowie aus dem Fachbereich Medien und Informatik (Kompetenzbereich Informatik) des Lehrplans 21 aufgegriffen. Der Lehrplan des Fachbereichs Natur und Technik hat gemäß Vergleich mit internationalen Vorschlägen zu Kompetenzbereichen einer Technischen Bildung (International Technology Education Association [ITEA], 2007; VDI, 2007) (siehe Übersicht in Tabelle 1) nach Hägni

und Güdel (2020) einen Schwerpunkt in *Technik verstehen*, während der Lehrplan zum Fachbereich Medien und Informatik alle Kompetenzbereiche einer Technischen Bildung abdeckt, *Technik konstruieren* jedoch ausschließlich digital.

Folgend wird je ein Beispiel für naturwissenschaftliche-technische Kompetenzen im Fachbereich Natur und Technik (NT) bzw. informatisch-technische Kompetenzen im Fachbereich Medien und Informatik (MI) gemäß Lehrplan 21 aufgeführt:

*NT.1.2 Technik im Alltag: Die Schülerinnen und Schüler können technische Alltagsgeräte bedienen und ihre Funktionsweise erklären.*

*MI.2.3 Informatiksysteme: Die Schülerinnen und Schüler verstehen Aufbau und Funktionsweise von informationsverarbeitenden Systemen und können Konzepte der sicheren Datenverarbeitung anwenden.*

Im nächsten Abschnitt werden theoretische und empirische Grundlagen zu kontextualisiertem Lernen im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht vorgestellt. Diese Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Aufbereitung der skizzierten Bildungsinhalte in MINT-Lernumgebungen.

## **2.2 Kontextualisiertes Lernen im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht**

Die fachdidaktische Forschung und die Förderprogramme rund um kontextualisiertes Lernen im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht haben sich in den letzten Jahrzehnten verstärkt und erfahren Verbreitung in den USA, England, Niederlanden, Deutschland, Israel und der Schweiz (Habig, Blankenburg et al., 2018; van Vorst & Aydogmus, 2021). Durch Kontexte wird versucht, das naturwissenschaftlich-technische Lernen näher an das Leben und die Interessen der Schüler\*innen heranzuführen sowie das Verständnis für die Naturwissenschaften zu verbessern, indem z. B. bei Fachinhalten mehr Alltags- und Lebensweltbezug sowie Relevanz aufgezeigt wird (Pilot & Bulte, 2006; Sevian et al., 2018; van Oers, 1998). Das Lernen in Kontexten soll dabei u. a. einen Beitrag dazu leisten,

dem mehrfach nachgewiesenen Interessensabfall bei Schüler\*innen über die Schulzeit – insbesondere in Chemie und Physik – entgegenzuwirken (Archer et al., 2010; Christidou, 2011; Häussler & Hoffmann, 1998; Krapp & Prenzel, 2011; Mokhonko, 2016; Osborne et al., 2003; Potvin & Hasni, 2014). Entsprechende Wirkungen des Lernens in Kontexten ist Gegenstand aktueller fachdidaktischer Forschungen. Die Bezeichnung und Bedeutung von kontextualisiertem Lernen – im Englischen auch als Context-Based Learning (CBL) oder Science, Technology and Society (STS) bezeichnet – ist dabei vielfältig (Bennett et al., 2007).

Als Überblick wird nachfolgend auf den Begriff Kontext eingegangen. Dabei wird aufgezeigt, wie Kontexte aus fachdidaktischer Sicht beschrieben und anhand von Merkmalen charakterisiert werden können. In einem zweiten Schritt werden empirische Befunde aus der fachdidaktischen Forschung mit Schwerpunkt Naturwissenschaften und Technik zum Potenzial von kontextualisiertem Lernen dargelegt. Ergänzt werden diese Befunde mit Resultaten zu einzelnen Kontextmerkmalen. Das Kapitel mündet schlussendlich in einem Fazit, in dem Desiderate zum kontextualisierten Lernen für den Fokus Naturwissenschaften und Technik aufgezeigt werden.

### 2.2.1 Charakterisierung von Kontexten

Der Begriff Kontext meint eine meist außerfachliche Situation, die als Ausgangspunkt für die Erarbeitung des fachlichen Inhalts genutzt wird (Bennett, 2003; Gilbert, 2006). Der Kontextbegriff kann dabei in mindestens zwei Richtungen ausdifferenziert werden: in eine inhaltsbezogene Kontextualisierung, die sich auf die Verknüpfung eines Lehrplaninhalts mit einer damit verbundenen (außerfachlichen) Anwendung mit fachspezifischer Relevanz fokussiert, und in eine Kontextualisierung durch die Lernumgebung, wie z. B. Lernen in der Schule oder in einem Museum (Parchmann & Kuhn, 2018). Finkelstein (2005) verknüpft diese beiden Ausrichtungen in seinem verschachtelten Modell mit den drei Ebenen: äußerliche Rahmenbedingungen (a), konkrete Lernsituation inkl. der dazugehörigen Aktivitäten (b) und der inhaltlich konkreten

Aufgabenstellung (c). Aktuelle fachdidaktische Forschung in den Naturwissenschaften im deutschsprachigen Raum baut auf diesem Kontextmodell auf (Habig, van Vorst & Sumfleth, 2018; Löffler, 2016; Sevia et al., 2018; van Vorst et al., 2018). Die Zusammenhänge von Inhalt und Kontext können als Schlüsselfaktoren für die Entwicklung der Interessen in Naturwissenschaften und Technik angesehen werden (Elster, 2007).

Kontexte lassen sich aus theoretischer Sicht durch verschiedene Merkmale auf Lernenden- bzw. Kontextebene charakterisieren (Bennett, 2003; Bennett et al., 2007; Engeln, 2004; Parchmann et al., 2008; van Oers, 1998). Kolleg\*innen van Vorst et al. (2015) haben aufgrund einer systematischen Literaturübersicht ein Bezugssystem für eine Beschreibung und Strukturierung von Kontextmerkmalen erstellt, das als Grundlage aktueller fachdidaktischer Studien, die im späteren Verlauf des Kapitels aufgeführt werden, genutzt wird. Folgend wird der Aufbau des Bezugssystems gemäß Abbildung 1 erläutert. Das Modell unterscheidet literaturbasierte Merkmale in drei Bereichen: Schüler\*innenebene, Kontextebene sowie Interaktion zwischen den beiden Ebenen.

Der Schüler\*innen- bzw. Kontextebene übergeordnet steht das Merkmal *Authentizität*, das die Echtheit eines Kontextes meint, in Form von natürlichen Beispielen für die Anwendung von bestimmten Fachkonzepten (van Vorst et al., 2015; van Vorst & Aydogmus, 2021). Es gehört zu den in der Literatur am meisten geforderten Elementen für kontextualisiertes Lernen in den Naturwissenschaften (Engeln, 2004; Kuhn, 2008; Parchmann et al., 2008; Sevia et al., 2018; van Vorst et al., 2015). Damit verbunden sind die im Bezugsrahmen von van Vorst et al. (2015) aufgeführten Merkmale *Darstellungsform* (z. B. Kuhn, 2011) und *Komplexität* (z. B. Löffler & Kauertz, 2014; Parchmann & Kuhn, 2018). Wird ein Kontext als real und lebensweltlich konstruiert, heißt dies nicht automatisch, dass dieser von den Schüler\*innen auch als authentisch wahrgenommen wird (Weiss & Müller, 2015). Die Wahrnehmung ist davon abhängig, ob die Schüler\*innen „die Existenz eines Gegenstandes oder einer Situation des Kontextes für möglich und damit für glaubwürdig halten“ (van Vorst et al., 2015, S. 32). Das zweite im Bezugsrahmen übergeordnete Merkmal *Bekanntheitsgrad*, mit den dichotomen Aus-

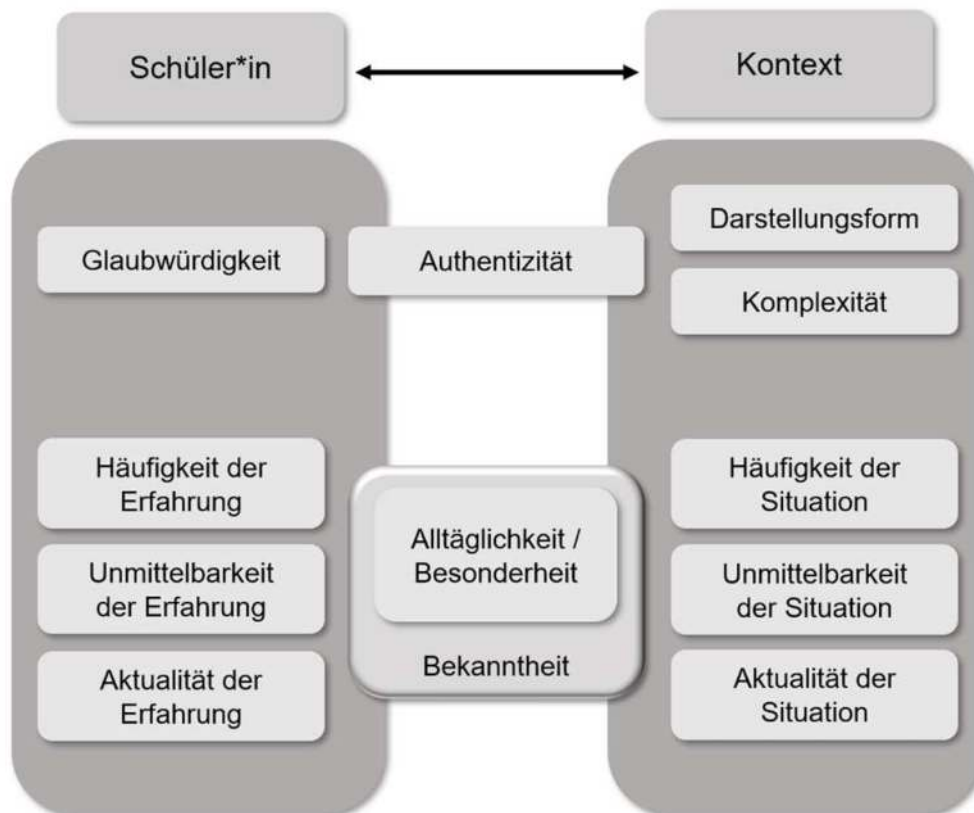


Abbildung 1: Kontextmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht nach van Vorst et al. (2015)

prägungen *Alltagsbezug* und *Besonderheit*, ist eng mit der Authentizität verbunden: Je häufiger Gegenstände (natürliche und technische Objekte) sowie Situationen bzw. Handlungen in der unmittelbaren Umgebung von Lernenden auftauchen, desto höher ist der Bekanntheitsgrad bzw. die Vertrautheit und entsprechend einfacher fällt die authentische Wahrnehmung (van Vorst et al., 2015). Das Vorkommen von außergewöhnlichen Situationen oder unbekanntem Gegenständen in der Alltagswelt der Lernenden wird, im Gegensatz zum zuvor beschriebenen Alltagsbezug, als *Besonderheit* definiert: „So kann der gewählte Lebensweltbezug nah an der Alltagswelt (*Alltagsbezug*) von Lernenden, aber auch relativ weit entfernt davon sein (*Besonderheit*)“ (Habig, van Vorst & Sumfleth, 2018, S. 101). Der Bekanntheitsgrad weist einen starken Bezug zum letzten im Modell aufgeführten Merkmal, der *Aktualität* auf. Der Begriff zeichnet sich durch einen klar begrenzten Zeitraum

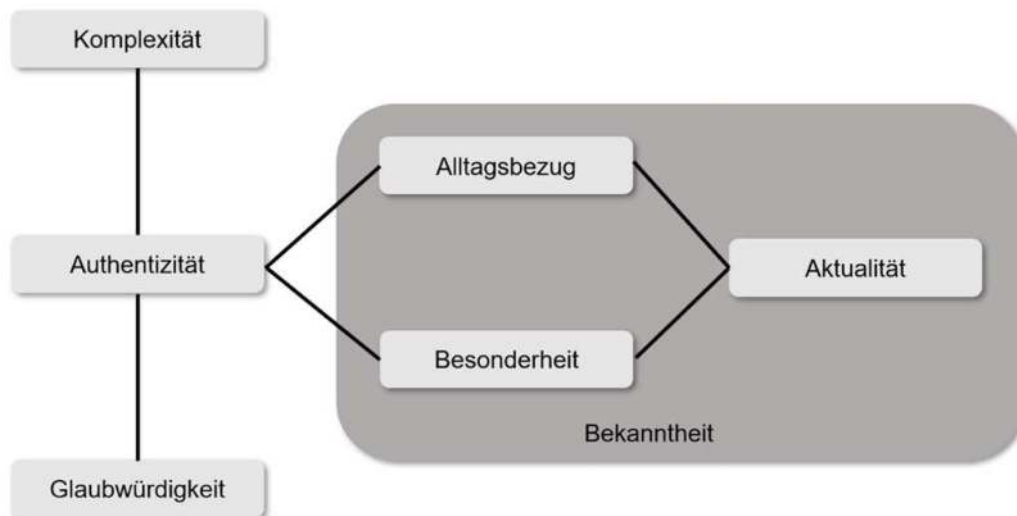


Abbildung 2: Kontextmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht von Habig, van Vorst und Sumfleth (2018) (nach van Vorst et al. (2015))

aus, in dem die im Kontext auftretenden Situationen oder Gegenstände Teil des öffentlichen Diskurses, u. a. durch mediale Berichterstattungen und Repräsentationen, sind. „Aber auch [wiederkehrende Ereignisse, wie] die gegenwärtige Jahreszeit, mit der oft bestimmte Feiertage (z. B. Weihnachten im Winter), Aktivitäten (z. B. Freibadbesuche im Sommer) und Ereignisse (z. B. gehäufte Autounfälle durch Schnee und Glatteis im Winter) einhergehen, bieten mögliche Kontexte, die intersubjektiv aktuell sind“ (van Vorst et al., 2015, S. 34). Elemente der im theoretischen Bezugssystem von van Vorst et al. (2015) dargestellten Interaktion von Lernenden und Kontext (siehe Abbildung 2) scheinen insbesondere das Potenzial aufzuweisen, „Kontexte für Lernaufgaben und konkrete Unterrichtssituationen zu beschreiben“ (van Vorst et al., 2018, S. 170).

In Zusammenhang mit Problemlöse- und Transferstrategien werden Kontextaufgaben in der fachdidaktischen Forschung u. a. als Modell mit zwei Ebenen, der Oberflächen- und der Modellebene, analysiert (Löffler & Kauertz, 2016; Mestre, 2002). Der Grad der Kontextualisierung von Aufgaben hängt dabei von der Anzahl der Elemente auf der Oberflächenebene und der Modellebene ab. Elemente der Oberflächenebene sollen dabei eine realistische Problemgeschichte darstellen und bestehen aus realen Objekten/Ereignissen und deren Eigenschaften. Die Modell-



ebene setzt sich aus Fakten sowie Zusammenhängen zusammen, die mit den Elementen der anderen Ebene in Verbindung gebracht werden sollen. Sind in der Oberflächenebene ausschließlich oder nur wenig mehr Elemente enthalten, die für die Lösung relevant sind, kann von einer niedrigen Kontextualisierung gesprochen werden, andernfalls von einer hohen. Mit steigender Kontextualisierung nimmt daher meist auch die kognitive Belastung beim Denken bzw. Lösen der Aufgabe zu, z. B. durch zusätzliche für das Lösen der Aufgabe nicht relevante Informationen, sogenannte *seductive details*, sowie durch steigende Komplexität (Harp & Mayer, 1998; Park et al., 2015). Gleichzeitig kann eine hohe Ausprägung der Kontextualisierung, im Gegensatz zu einer tiefen, einem Interessensabfall über den ganzen Lernprozess hinweg positiv entgegenwirken (Löffler et al., 2018).

### 2.2.2 Empirische Befunde zum kontextualisierten Lernen

Ergebnisse aus Metastudien zu kontextualisiertem Lernen in den Naturwissenschaften legen die unterschiedlichen Effekte aus den letzten Jahrzehnten fachdidaktischer Forschung dar: Bennett et al. (2007) untersuchten in ihrer zweiteiligen Metastudie detailliert 17 Experimentalstudien zu kontextbasiertem Lernen in den Naturwissenschaften bei Schüler\*innen zwischen 11 bis 18 Jahren aus insgesamt acht Ländern, die zwischen 1980 bis 2003 publiziert wurden. Während die Kontextualisierung hinsichtlich affektiver Merkmale, wie z. B. Interesse, bei Mädchen und Jungen positive Effekte in fast allen Studien zeigt, ist das Ergebnis beim Vergleich von kognitiven Auswirkungen zwischen konventionellen und kontextualisierten Lernmethoden – mit vergleichbaren, besseren und schlechteren Effekten – heterogen. Die Autoren führen dies u.a. auf unterschiedliche Begriffsdefinitionen und Forschungsmethoden zurück. Weiter deuten die Ergebnisse darauf hin, dass durch das kontextualisierte Lernen die geschlechtsspezifischen Unterschiede in affektiven Merkmalen, wie z. B. bei den Einstellungen, verringert werden.

Taasoobshirazi und Carr (2008) analysierten nach einem Review-Verfahren insgesamt zehn publizierte Studien zu kontextualisiertem

Lernen im Physikunterricht auf der Sekundarstufe I und II. Über die Wirksamkeit des kontextbezogenen Unterrichts in Physik können keine Schlussfolgerungen gezogen werden, da die wenigen analysierten Studien erhebliche methodische Probleme aufweisen. Es bleibt unklar, ob die beobachteten Effekte auf den Kontext oder auf methodische Veränderungen, wie z. B. die Experimentaldurchführung in unterschiedlichen Gruppengrößen, zurückzuführen sind. Die Autor\*innen erheben das Desiderat, weiterführende Studien, insbesondere Prä-Post-Interventionen mit randomisierter Zuteilung, für den Physikunterricht in höheren Niveaus bzw. Schulstufen durchzuführen. Weiter weisen sie auf das mögliche Potenzial von kontextualisiertem Lernen in Physik hin, um insbesondere Mädchen bzw. Frauen die Relevanz und eigene Erfahrungen zum Fach näherzubringen (Murphy & Whitelegg, 2006).

N. Ültay und Çalık (2012) untersuchten in ihrer Metastudie 34 Studien aus unterschiedlichen Ländern zu kontextbasiertem Lernen im Chemieunterricht, die im Zeitraum von 1992 bis 2011 publiziert wurden. Die Studien fokussierten hauptsächlich Schüler\*innen der Gymnasialstufe, Studierende der Universität sowie Chemielehrpersonen. Nur zwei Studien zielten auf die Sekundarstufe I ab. Vergleichbar mit den Ergebnissen von Bennett et al. (2007) konnten in fast allen Studien positive Effekte zu den affektiven Merkmalen – wie Einstellungen, Interesse und Enthusiasmus – und heterogene Resultate bei kognitiven Faktoren festgestellt werden. Hinzu kommt der Einfluss der Lehrperson: Ihr Verständnis und ihre Sichtweise auf den neuen Lehr-Lern-Ansatz beeinflussen die Qualität der Umsetzung und die affektive sowie kognitive Wirksamkeit maßgebend. Die Autoren weisen auf die Notwendigkeit hin, in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen das kontextualisierte Lernen als Teil der Entwicklung des Professionswissens einzubinden und weiterführende Studien darüber zu führen.

### **2.2.3 Wirkung von Kontexten mit unterschiedlichen Merkmalen**

Erweiternd zu den oben dargestellten affektiven und kognitiven Effekten des kontextualisierten Lernens, fokussiert der nachfolgende Ab-

schnitt Studienergebnisse von den oben im theoretischen Bezugsrahmen eingebetteten Kontextmerkmalen (van Vorst et al., 2015). Hierzu werden Befunde zu Lernkontexten im Naturwissenschaftsunterricht aus Deutschland vorgelegt. Fechner (2009) untersuchte in einer Interventionsstudie den Einfluss von realen Kontexten mit Alltagsbezug bei der Interventionsgruppe im Vergleich zu fachlichen Laborkontexten bei der Kontrollgruppe im Chemieunterricht bei Schüler\*innen der siebten Klasse im Alter von 12 bis 13 Jahren. Die Ergebnisse implizieren positive Auswirkungen des kontextualisierten Lernens in der Interventionsgruppe auf das Interesse, die Motivation und die Lernleistung der Schüler\*innen, wobei diese Resultate abhängig vom Vorwissen im Fach Chemie und dem Geschlecht sind: Positive Effekte auf das Interesse wurden in der Interventionsgruppe bei Lernenden mit hohem Vorwissen gemessen, bei geringem Vorwissen gab es keine signifikanten Effekte. In Bezug auf die Lernleistung bestätigten sich positive Effekte nur bei den Mädchen, während Jungen in beiden Gruppen vergleichbar gute Leistungen erbringen. Der positive Effekt für die Leistung der Mädchen wird jedoch durch ihr situatives Interesse an den verschiedenen Lernkontexten während der Intervention vermittelt. Die Studie macht weiter deutlich, dass durch den Einsatz von realen Kontexten mit Alltagsbezug das situationale Interesse bei den Schüler\*innen stärker gesteigert werden kann als bei rein fachlichen Kontexten.

Eine anschließende Studie von van Vorst (2013) zu Kontexten im Chemieunterricht auf Jahrgangsstufe 9 an Gymnasien deutet darauf hin, dass die Kontextmerkmale Alltagsbezug, Besonderheit und Authentizität, im Gegensatz zum Merkmal Aktualität, signifikante Effekte auf das Interesse haben. Kritisiert wird von den Autor\*innen die zeitlich enggefaste, nicht zwischen gesellschaftlich und individuell unterscheidende ausgerichtete Definition des Begriffs Aktualität. In Bezug auf das situationale Interesse zeigt sich, dass besondere Kontexte bei den Lernenden höhere emotionale Valenzwerte erzeugen als alltägliche. Diese und weiterführende Studien implizieren zudem, dass alltägliche Kontexte aufgrund des konkreten Lebensweltbezugs zu einem höheren wertbezogenen Wert der Valenz und zu höherer individueller Relevanz

führen (van Vorst et al., 2018; van Vorst & Aydogmus, 2021). Bezüglich der Themenauswahl konnten genderspezifische Unterschiede gemessen werden: Während die Jungen hohe emotionale Valenz beim Thema Verkehrswesen zeigten, gaben die Mädchen die höchsten Valenzwerte beim Thema Natur an (van Vorst, 2013). Eine weiterführende Studie bezüglich der Kontextwahl zwischen Mädchen und Jungen zeigt zudem auf, dass Jungen überwiegend einen technischen Kontext über Kohlekraftwerke wählten und dieser Kontext bei den Mädchen eher unbeliebt war (van Vorst & Aydogmus, 2021). Während sehr interessierte Schüler\*innen die Kontextwahl mit Interesse und Neugier am Thema begründeten, wiesen Lernende mit geringem Interesse auf die persönliche Relevanz eines Kontextes hin. Diese genderspezifischen Resultate decken sich mit denen aus vorangegangenen Studien (Elster, 2007; Häussler & Hoffmann, 2002; Schreiner & Sjøberg, 2007).

Ergebnisse einer aus derselben Forschungsgruppe stammenden Studie von Habig (2017) zeigen, dass Schüler\*innen der 9. Jahrgangsstufe an Gymnasien mit einem hohen individuellen Interesse für Chemie sowie einer guten Chemienote das Lernen in besonderen Kontexten bevorzugen. Schüler\*innen mit einem tiefen Interesse und einer eher schlechten Note in Chemie bevorzugen alltägliche Kontexte. Bei mittleren Interessens- und Leistungswerten konnten keine Effekte der Kontextmerkmale gemessen werden. Eine weiterführende Studie von van Vorst und Aydogmus (2021) stützt das Resultat, dass sich mit zunehmendem Interesse und besserer Leistung in Chemie eine Tendenz zu ungewöhnlichen Kontexten ausprägt. Zudem wird auf Grundlage der Daten diskutiert, dass eine angemessene kognitive Belastung grundlegend für die Zufriedenheit und eine Voraussetzung für positive affektive Wirkungen beim kontextualisierten Lernen ist (van Vorst & Aydogmus, 2021). Über die Intervention hinweg zeigt sich in der Studie von Habig (2017), dass das situationale Interesse bei den Schüler\*innen, in Abhängigkeit vom Kontext, von der ersten bis zur letzten Messung insgesamt sinkt: Sowohl die emotionalen wie auch die wertbezogenen Werte sanken stärker bei Gruppen, die in besonderen Kontexten lernen. Die Analyse impliziert weiter, dass bei alltäglichen Kontexten die

Bedeutsamkeit der Aufgabe steigt. Gemäß dieser Ergebnisse gibt die Forschungsgruppe zu überdenken, ob die Forschung zu Kontexten künftig mehr auf individuelle Bedürfnisse und Voraussetzungen fokussieren sollte (Habig, van Vorst & Sumfleth, 2018).

### **2.2.4 Fazit zum Forschungsbereich kontextualisiertes Lernen**

Es bedarf weiterer fachdidaktischer Forschung, um das affektive und kognitive Potenzial von systematisch ausgewählten Kontexten auf Grundlage der oben erläuterten Kontextmerkmale im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht auszuschöpfen. Mögliche erklärende Variablen sollen Aufschluss darüber geben, unter welchen Umständen kontextualisierter Unterricht wirksam ist. Das Merkmal Aktualität wird dabei aufgrund der oben dargelegten problematischen Befunde in der vorliegenden Studie nicht als Variable aufgenommen. Eine Forschungslücke stellen dabei insbesondere authentische Kontexte mit physikalisch-technischem Bezug für weiterführende Schulen – wie im Lehramtsstudium – und Klassen außerhalb der Gymnasialstufe in der Sekundarstufe I dar, die über längere Zeit bearbeitet werden (Sevian et al., 2018; N. Ültay & Çalık, 2012).

## **2.3 Affektive Merkmale des kontextualisierten Lernens**

Das folgende Kapitel beschreibt – anhand einer Auswahl von affektiven Merkmalen – Faktoren, die beim kontextualisierten Lernen eine bedeutsame Rolle spielen können und für die beiden vorliegenden Teilstudien relevant sind (vgl. Studienergebnisse Kapitel 2.2). Zunächst werden Grundlagen zu Einstellungen in Naturwissenschaften und Technik beschrieben. Anschließend wird die Interessensentwicklung in Bezug zur Motivationstheorie sowie Erläuterungen zur Genese und Wirkung des fähigkeitsbezogenen Selbstkonzepts dargestellt. Abschließend werden mögliche Zusammenhänge von Einstellungen, Interesse und Fähigkeitsselbstkonzept anhand der Erwartungs-Wert-Theorie erläutert.

### **2.3.1 Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik**

Nachfolgend werden unterschiedliche Aspekte des Konstrukts der Einstellungen für Naturwissenschaften und Technik betrachtet. Aufgrund der breiten und heterogenen Ausrichtung des Begriffs werden zunächst häufige Strömungen aus der internationalen fachdidaktischen Forschung angeführt sowie mögliche Einflussfaktoren auf persönliche Einstellungen. Daraus leiten sich zwei Instrumente zum Erfassen von Einstellungen ab: individuelle Einstellungen zu technischen Berufen in Naturwissenschaften und Technik sowie ein Instrument zum Erfassen individueller Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen. Abschließend widmet sich ein Kapitel explizit den sozialen bzw. kollektiven Einstellungen und deren Einfluss auf weitere persönliche affektive Merkmale in den MINT-Fächern, die in den darauffolgenden Kapiteln näher beschrieben werden.

#### *2.3.1.1 Eine Übersicht zu Einstellungskonstrukten und möglichen Einflussfaktoren*

*Einstellungen* zu Naturwissenschaften und Technik (engl. attitudes towards science and technology) können als psychische Tendenzen bzw. Gefühle betrachtet werden, die eine Person – auf Basis ihres Wissens und ihrer Überzeugungen – gegenüber Naturwissenschaften und Technik hat (Kind et al., 2007). Abhängig sind diese Einstellungen von kognitiven (Annahmen und Überzeugungen), affektiven (Gefühlen und Emotionen) und behavioralen (Verhaltensweisen) Komponenten (Barmby et al., 2008; Fishbein & Ajzen, 1975; Reid, 2006). Einstellungen gelten als nicht angeboren, sondern werden entwickelt. Gemäß der Latent-State-Trait-Theorie können solche Einstellungen situationsabhängig als latenter State-Wert betrachtet und daher verändert werden (Kelava & Schermelleh-Engel, 2012). Wänke und Bohner (2006) weisen darauf hin: „Je stärker die Einstellung, desto stabiler und änderungs-resistenter ist sie und desto valider sagt sie Verhalten voraus“ (Wänke & Bohner, 2006, S. 405). Breit angelegte Metaanalysen u. a. von Osborne

et al. (2003), Potvin und Hasni (2014) und van Aalderen-Smeets et al. (2012) über Studien zu Einstellungen in Naturwissenschaften und Technik machen deutlich, dass Einstellungen aufgrund der theoretischen und empirischen Prüfung oft multidimensional erfasst werden. Häufig in den Studien genannte Aspekte sind: Begeisterung, Freude, Langeweile, Interesse, Berufswünsche der Schüler\*innen, wahrgenommene Schwierigkeit von Wissenschaft und Technik, Folgen von Wissenschaft und Technik (Ardies, Maeyer, Gijbels & van Keulen, 2015). Schwierigkeiten bei den Einstellungserhebungen ergeben sich aufgrund unterschiedlicher theoretischer Grundlagen, teils fehlender Validitäten der Erhebungsinstrumente und entsprechender Probleme in der Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Messinstrumente (Ankiewicz, 2019b; Kind et al., 2007; Osborne et al., 2003). So werden z. B. je nach theoretischer Ausrichtung Einstellungen und Interessen als gleiches Konzept (Schreiner & Sjøberg, 2007), Interessen als Teilkonzept der Einstellungen (Ardies, Maeyer, Gijbels & van Keulen, 2015; de Vries, 1988; Osborne et al., 2003) oder als zwei klar voneinander abgrenzbare, zusammenhängende Konzepte (Gardner, 1996; Krapp & Prenzel, 2011) aufgefasst. Aufgrund des Einflusses von Einstellungen u. a. auf Lernleistungen (Ali & Awan, 2013) wird deren Messungen und dem Entdecken von Einflussfaktoren seit Jahrzehnten ein großer Stellenwert in fachdidaktischen Forschungen beigemessen. Mögliche Einflussfaktoren sind gemäß Osborne et al. (2003) und Luo et al. (2022) das Schulklima, der Unterricht, der kulturelle Hintergrund, das Anspruchsniveau und soziale Akteur\*innen, wie die Eltern, die Lehrperson sowie Peer-Groups. Dabei weisen einige Studien im Bereich der sozialen Akteur\*innen insbesondere auf den Einfluss der Lehrperson hin, deren Professionswissen und Einstellungen wiederum auf die Einstellungen der Schüler\*innen in Naturwissenschaften und Technik einwirken (Bellová et al., 2021; Jarvis & Pell, 2005; Luo et al., 2022; Osborne et al., 2003; Papanastasiou & Papanastasiou, 2004; Rani, 2006; van Aalderen-Smeets et al., 2012). Im Primarschulalter bis 10 Jahre sind bei Mädchen und Jungen u. a. in europäischen Ländern durchwegs positive Einstellungen messbar, ohne Unterscheidungen zwischen den Geschlechtern (Pell & Jarvis, 2001). Die positiven Einstellung

der Schülerinnen und Schüler gegenüber den Naturwissenschaften nehmen tendenziell im Laufe der Sekundarstufe I ab, und dieser Rückgang scheint bei den Schülerinnen stärker ausgeprägt zu sein als bei den Schülern. Mädchen weisen dabei im Schnitt weniger positive Einstellungswerte gegenüber Naturwissenschaften und Technik auf als Jungen sowie eine stärkere Abnahme dieser positiven Einstellungen über die Zeit (Barmby et al., 2008; Osborne et al., 2003; Potvin & Hasni, 2014; Simpson & Steve Oliver, 1990). Ergebnisse der PISA-Studie implizieren, dass Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik u. a. einen Einfluss auf das Engagement, im Sinne naturwissenschaftlich orientierten Aktivitäten, der Lernenden haben (OECD, 2016).

### *2.3.1.2 Instrumente und Studien individueller Einstellungen zu naturwissenschaftlich-technischen Berufen*

Eine repräsentative Datenerhebung zu Einstellungen in Form von Vorstellungen über naturwissenschaftliche und technische Berufe von Jugendlichen sowie Studierenden wurde im sogenannten Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften bzw. MINT-Nachwuchsbarometer 2009 in Deutschland und 2012 in der Schweiz durchgeführt (Boerlin et al., 2014; acatech & VDI, 2009). Der Messung lag ein Instrument mit 21 Eigenschaften mit gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bezügen zugrunde, die in positive, neutrale und negative Attribute aufgeschlüsselt wurden. Im Fragebogen wurden diese Eigenschaften jeweils für Natur-, Technik- und Wirtschaftswissenschaften angegeben. Vorliegend werden die beiden ersteren Wissenschaften dargestellt. In Deutschland wurden für diesen Teil im Jahr 2009 insgesamt Antworten von 2 352 Schüler\*innen vom 8. bis 13. Schuljahr an Schulen mit und ohne technischem Unterricht sowie Antworten von 4 349 Studierenden an Hochschulen innerhalb innovativer und klassischer Studiengänge in höheren Semestern ausgewertet. Folgende Resultate zeichnen sich in der Studie für Deutschland ab (acatech & VDI, 2009, S. 38–39): Berufe aus den Natur- und Technikwissenschaften werden bei den Schüler\*innen und Studierenden positiv eingeschätzt. Bei vielen Attributen rangiert die



Technik vor der Naturwissenschaft. Studierende weisen gegenüber den Schüler\*innen höhere Einstellungswerte bei den positiven Attributen auf. Technik- und Naturwissenschaften werden in Bezug auf die Aspekte „modern“, „fortschrittlich“, „nützlich“ sowie „für die Entwicklung der Menschheit wichtig“ bei beiden Proband\*innengruppen als besonders positiv eingeschätzt. Verhältnismäßig tiefer wurde der Aspekt Kreativität eingeschätzt. Berufe in beiden Wissenschaften werden als lernintensiv und komplex aufgefasst, wobei dies für die Naturwissenschaften etwas höher eingeschätzt wird. Technische und naturwissenschaftliche Berufe gelten gleichermaßen als anstrengend und risikoreich. Über mögliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern finden sich keine Angaben in der Studie.

In der Schweizer Vergleichsstudie im Jahr 2012 wurden Antworten über Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen und technischen Berufen von insgesamt 1 133 Schüler\*innen vom 10. bis 11. Schuljahr auf Gymnasialstufe sowie Antworten von 1 086 Studierenden an Hochschulen innerhalb innovativer und klassischer Studiengänge ausgewertet. Die Resultate decken sich insgesamt mit den Ergebnissen aus Deutschland (Boerlin et al., 2014, S. 67–69): Natur- und Technikwissenschaften werden bei Gymnasiast\*innen und Studierenden überwiegend positiv gesehen, wobei Letztere generell höhere Werte bei den positiven Attributionen aufweisen. Bei den Natur- und Technikwissenschaften erhalten die Attribute „sind modern“, „sind fortschrittlich“, „sind für die Menschheit wichtig“ hohe Zustimmung. Bei den Studierenden zeigen sich im Zusammenhang mit Technikberufen zudem hohe Werte bei den Aspekten Nützlichkeit und Schaffung von Arbeitsplätzen. Die Natur- und Technikwissenschaften gelten in beiden Probandengruppen aber auch als komplex und schwierig. Technikwissenschaften werden tendenziell mit einem höheren Gefahrenpotenzial verbunden („sind risikoreich“ bzw. „bergen Gefahren“) als die Naturwissenschaften. Zwischen den Geschlechtern konnten keine wesentlichen Unterschiede bezüglich der erwähnten Aspekte festgestellt werden.

### 2.3.1.3 Instrumente und Studien individueller Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen (PATT-SQ-Instrument)

Für eine Fokussierung auf technische Einstellungen von Kindern und Jugendlichen wurde 1988 das PATT-Instrument („Pupils’ Attitude Towards Technology“) mit 58 Items von de Vries in den Niederlanden entwickelt (de Vries, 1988). Nach einer Übersetzung und Anpassung ins Englische durch Bame und Dugger (1989) wird das Instrument seit Jahren weltweit, auf den jeweiligen Kontext und die Sprache angepasst, eingesetzt. Diskurse werden seit über zwei Jahrzehnten im Rahmen der internationalen PATT-Konferenz, mittlerweile Teil der ITEEA (International Technology and Engineering Educators Association)-Konferenz, geführt. Als Kurzform (PATT-SQ: 25 Items, 6 Subskalen, Cronbachs  $\alpha >.71$ ) wird es in aktuellen europäischen (Längsschnitt-)Studien als valides Instrument eingesetzt (Ankiewicz, 2019b; Ardies, Maeyer & Gijbels, 2015; Svenningsson et al., 2018). Dem Fragebogenkonstrukt liegt eine umfassende Begriffsdefinition von *technology* zugrunde (vgl. Kapitel 2.1.2), es wird jedoch nicht zwischen Inhalten, Tätigkeiten o.Ä. unterschieden. Im theoretischen Rahmen hat de Vries (1988) auf Grundlage seiner eigenen und paralleler internationaler Forschung ursprünglich fünf Dimensionen erfasst (Ardies, Maeyer, Gijbels & van Keulen, 2015, S. 45–46):

1. *Aspirations for a technological career* as a measure of the extent to which a student has the ambition to start a study with a technological component in it, or wants to have a future job related to technology.
2. *Interest in technology* as a measure for ones feeling of wanting to know or learn about technology.
3. *Perceived difficulty of technology* is a measure that indicates how difficult a student finds technology as a subject at school.
4. *Perceived consequences of technology* is a measure for one’s feelings about the positive (or negative) effects on the environment and society.

5. *Technology as a subject for both genders* indicate the measure to which students find both boys and girls capable to study and/or work in a technological domain compared to technology as a subject for only boys.

Die durch Ardies et al. (2013) adaptierte und validierte Kurzversion enthält eine Dimension *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* mehr als der Originaltest: Technological career aspirations (a), Interest in technology (b), Boredom with technology (c), Perceived consequences of technology (d), Perceived difficulty of technology (e), Beliefs about gender differences (f). Gemäß der umfassenden Technikausrichtung beim PATT-SQ ist eine Erfassung von Technikeinstellungen mit verschiedenen Fachbezügen möglich, z. B. Naturwissenschaften und Informatik. Dies wird in der folgenden Arbeit in der zweiten Teilstudie entsprechend umgesetzt.

Nachfolgend wird eine aktuellere Studie aus Schweden vorgestellt, die den PATT-SQ-Fragebogen zur Erhebung von Einstellungen von Jugendlichen genutzt hat. Svenningsson et al. (2018) erfragten mit dem Fragebogen PATT-SQ (Ardies et al., 2013) 169 Schüler\*innen (weiblich:  $n = 87$ , männlich:  $n = 79$ ) der Schulstufen 6–9 aus vier unterschiedlichen Schulen im Alter von 12 bis 15 Jahren. Die Stichprobe setzte sich aus einer kleinen städtischen, einer vorstädtischen und zwei Privatschulen mit ländlicher und städtischer Ausrichtung zusammen. Die Studie fokussierte sich auf die Bereiche Berufswünsche, Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden und Interesse, weshalb Resultate zu unabhängigen  $t$ -Tests der Geschlechter nur in diesen Subdimensionen errechnet wurden. Die Subdimension Technikinteresse wurde für den Gesamtmittelwert mit allen 6 Items, für den Geschlechtervergleich aber nur mit 4 Items zu Technik in der Schule berechnet. Nachfolgend wird in der Tabelle 2 die Test-Statistik (Svenningsson et al., 2018) dargestellt.

Die Geschlechter unterscheiden sich in den Subdimensionen *technische Berufswünsche*, *Interesse für Technik* (Technik in der Schule) und *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden* hoch signifikant sowie tendenziell bei *wahrgenommene Folgen von Technik*, *wahrgenommene*

Tabelle 2: Deskriptive Kennwerte der sechs Subskalen zu (Svenningsson et al., 2018) Technikeinstellungen von schwedischen Kindern und Jugendlichen (Skala 1 bis 5)

Subskala	Mädchen (n = 87)		Jungen (n = 79)		t-Test	
	M	SD	M	SD	t	$\eta^2$
Technische Berufswünsche	2.55	0.95	3.25	1.08	-4.42	.11**
Interesse für Technik (Technik in der Schule, 4 Items)	2.89	0.95	3.50	0.94	-4.12	.09**
Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik	2.60	0.69	2.27	0.81	k.A.	k.A.
Wahrgenommene Folgen von Technik	3.90	0.78	4.11	0.66	k.A.	k.A.
Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik	2.45	0.84	2.96	0.80	k.A.	k.A.
Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden	2.10	1.01	3.11	1.15	-5.83	.18**

*Schwierigkeit von Technik* und *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* (siehe Tabelle 2). Die Mädchen weisen im Gegensatz zu den Jungen tiefere Werte in den ersten fünf Bereichen sowie höhere Werte im letztgenannten Bereich der *Langweiligkeit* auf.

In der Schweiz sind bisher keine größeren Datenerhebungen mit dem PATT-SQ bekannt. Güdel (2014) hat in ihrer Dissertation Einstellungen zu Technik, allgemeine und spezifische Technikinteressen, Selbstwirksamkeitserwartungen, Berufswünsche und Geschlechterrollen im Jahr 2006 bei 480 Schüler\*innen der Sekundarstufe I in der Nordwestschweiz erhoben. Sie untersuchte in ihrer Studie u. a. allgemeine Einstellungen zu Technik auf Grundlage von PISA-Skalen aus dem Jahr 2006, indem sie die Lernenden anhand von fünf Items die Bedeutung der Technik für die Gesellschaft einschätzen ließ: „Insgesamt deuten die Mittelwerte der fünf Items eine positive Einstellung der Jugendlichen gegenüber Technik an. Sie sind insbesondere der Meinung, dass Technik nützlich für die Gesellschaft sei, technischer Fortschritt die Lebensbedingungen

der Menschen verbessere und die Wirtschaft ankurbelt“ (Güdel, 2014, S. 139). Die Schwierigkeit einer klaren Differenzierung von Technik liegt darin, dass dieses Fach in einigen Ländern separiert und in anderen Ländern, wie in der Schweiz, integriert hauptsächlich in den Fächern Naturwissenschaften und Technik sowie Technisches Gestalten unterrichtet wird (vgl. Kapitel 2.1.2).

### *2.3.1.4 Der Einfluss kollektiver Einstellungen auf affektive und kognitive Merkmale von Lernenden in den MINT-Fächern*

Neben den oben genannten, individuellen Einstellungen beeinflussen insbesondere auch gesellschaftlich sowie kulturell geprägte kollektive Vorstellungen über das jeweilige Fach, Berufe und Personen, die im Bereich von Naturwissenschaften und Technik arbeiten bzw. unterrichten, die affektiven und kognitiven Merkmale der Schüler\*innen wie z. B. die Interessensentwicklung (Christidou, 2011; Hofer & Stern, 2016; Schradler & Helmke, 2008). In der Literatur finden sich entsprechende Untersuchungen zum Image der naturwissenschaftlich-technischen Fächer (u. a. Archer et al., 2013; Boerlin et al., 2014; Elster, 2007; Kessels, 2015a; Makarova et al., 2019). Der Begriff Image meint dabei Einstellungen als sozial geteilte Bedeutungen über ein jeweiliges Schulfach, mögliche Berufe und Personen. Es geht bei Fächern bzw. Domänen um gemeinsame Annahmen über die Eigenschaften, Inhalte und Skripte. Personen, die sich für ein jeweiliges Fach besonders interessieren (sog. Prototypen), werden unterschiedliche Eigenschaften zugeschrieben (Kessels et al., 2006; Kessels, 2015b). Kessels et al. (2006, S. 764) setzen den Begriff Image dabei in Zusammenhang mit dem Konzept der Stereotype:

We propose that the image of a school subject functions similar to a stereotype. A stereotype reflects cultural beliefs within a given society and is defined as a cognitive representation in which particular attributes are associated with particular social groups (Eagly & Mladinic, 1989; Hamilton, 1981). Similarly, the image of a school subject comprises socially shared, common assumptions about its characteristics. Stereotypes tend to be activated automatically when individuals are confronted with a cue or stimulus referring to the stereotyped group (Fazio et al., 1995). If activated, they direct future information-processing. Specifically, they

influence what information will receive attention and how it will be encoded and organized; they have a selective influence on memory organization and function as interpretative frameworks, thus influencing evaluations, judgments, predictions and inferences (for an overview see Markus & Zajonc, 1985).

Der sogenannte *Selbst-Prototypen-Abgleich* zeigt auf, dass Personen eine bestimmte Vorstellung z. B. über Physiker\*innen oder besonders interessierte Personen in diesem Fach haben und diesen Prototypen mit dem eigenen Selbst zur möglichen Passung anhand der oben aufgeführten impliziten, automatischen Kognitionen vergleichen (Kessels, 2015b; Niedenthal et al., 1985; OECD, 2019a). Diese Passung bzw. Nicht-Passung spielt insbesondere in der Identitätsentwicklung von Jugendlichen, aber auch in späteren Entwicklungsphasen, z. B. der Berufsidentitätsfindung, eine wichtige Rolle (vgl. Kapitel 2.4). In Hinblick auf genderspezifische Effekte von Einstellungen in den MINT-Fächern zeigt sich u. a., dass Mathematik, Physik und Chemie – im Vergleich zu sprachlich-geisteswissenschaftlichen Fächern – oft als männlich konnotiertes und hartes bzw. schwieriges Fach stereotypisiert werden, so auch in Deutschland und der Schweiz (Archer et al., 2013; Archer et al., 2020; Boerlin et al., 2014; Carlone, 2004; Christidou, 2011; Elster, 2007; Kessels et al., 2006; Kessels, 2015b; Makarova & Herzog, 2015; Wang & Degol, 2013). Damit einher gehen sogenannte *Stereotype Bedrohungen* (engl. *Stereotype Threat*): Dabei erfährt eine Person situationsbedingt ein Gefühl der Bedrohung, wenn sie befürchtet, anhand von negativen Stereotypen beurteilt zu werden oder solche durch ihr eigenes Verhalten innerhalb einer Gruppe unbeabsichtigt zu bestätigen (J. Keller, 2007). Entsprechend des zuvor dargelegten Fachimages wird beispielsweise ein für Physik interessiertes Mädchen eine stereotype Bedrohung erfahren, wenn sie sich stark damit identifiziert, weiblich zu sein (Marchand & Taasobshirazi, 2013; Schmader, 2002). Abwendungen von entsprechenden Situationen, Untergraben des Zugehörigkeitsgefühls (engl. *Sense of belonging*) in der Schule (Cheryan et al., 2017; Freeman et al., 2007; Good et al., 2012; OECD, 2019b), motivationale und leistungsbedingte Einbußen bis hin zu Burnout können Folgen dieser stereotypen Bedrohungen sein (J. Keller, 2007; Marchand & Taasobshirazi, 2013; Schmader & Hall, 2014). Feh-

lendes Zugehörigkeitsgefühl innerhalb der Schule bzw. einzelner Gruppen kann sich zudem negativ auf die Identitätsentwicklung auswirken (vgl. Kapitel 2.4). Mögliche Auswirkungen solcher expliziten sowie impliziten Geschlechterstereotype zeigen sich z. B. in den PISA-Ergebnissen: Mädchen sehen sich häufiger als Jungen in Gesundheitsberufen. Jungen hingegen gehen in fast allen Ländern häufiger davon aus, als Fachkräfte der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), als Naturwissenschaftler, Mathematiker oder Ingenieure zu arbeiten, als dies bei Mädchen der Fall ist (OECD, 2016). 2018 gaben im OECD-Durchschnitt 1 % der Mädchen und 8 % der Jungen an, in einem IKT-Beruf arbeiten zu wollen. Durchschnittlich gaben 14 % der Mädchen im Vergleich zu 26 % der Jungen mit überdurchschnittlichen Leistungen in den Naturwissenschaften oder Mathematik an, als Fachperson in den Natur- oder Technikwissenschaften arbeiten zu wollen (OECD, 2019a). Entsprechende MINT-Fördermaßnahmen sind zwingend erforderlich, da affektive und kognitive Faktoren längerfristig auf die persönliche und berufliche Zukunft der Lernenden sowie auf die Gesellschaft als Ganzes wirken (Hadjar et al., 2014; OECD, 2016). Erste Fortschritte zur Überwindung der geschlechtsspezifischen Unterschiede zeigen sich z. B. anhand der Resultate in Ländern wie Estland, Finnland, Polen und Slowenien: Mädchen und Jungen mit hohen naturwissenschaftlichen bzw. mathematischen Leistungen gaben einen vergleichbaren Wahrscheinlichkeitswert an, einen entsprechenden naturwissenschaftlich-technischen Beruf zu erlernen (OECD, 2019a). Die Lehrperson kann methodisch und didaktisch u. a. durch ihre Vorbilds- und Vermittlungsrolle (sog. Rollenmodelle) stereotype Einstellungen mit den Lernenden reflektieren und eine positive Einstellungs- sowie Interessensentwicklung fördern (Kessels, 2015b; Luo et al., 2022; Makarova et al., 2019; Makarova & Herzog, 2015; OECD, 2019a; Schmader & Hall, 2014). Dazu gehört auch, dass sie ihre eigenen Stereotype hinterfragt, ihren Unterricht analysiert, gendersensibel im Sinne einer reflexiven Koedukation weiterentwickelt und an ihrem eigenen akademischen bzw. physikbezogenen Selbstkonzept arbeitet (u. a. Amon et al., 2014; Brovelli, Vogler & Schmid, 2019; Faulstich-Wieland, 2009; Finsterwald et al., 2012).

Interventive Maßnahmen in den Naturwissenschaften sind daher notwendig und sinnvoll, sowohl auf der Ebene der angehenden bzw. amtierenden Lehrpersonen als auch auf der Zielstufe der Schüler\*innen. Dabei stellt sich insbesondere die Frage, welche Auswirkungen solche Interventionen bei den beiden Zielgruppen auf affektive Merkmale wie Einstellungen, Interesse und Selbstkonzept haben. Nachfolgend werden die beiden letzteren Konzepte näher beschrieben.

### **2.3.2 Motivation und Interesse in Naturwissenschaften und Technik**

Lehr-Lern-Forschungen beschäftigen sich seit Jahrzenten u. a. mit der Frage, was eine Person zu ihrem Handeln bewegt und warum (vgl. Heckhausen, 1989; Krapp & Prenzel, 2011; Rheinberg, 2008; Ryan & Deci, 2000; Schiefele, 2009). Dabei gibt es unterschiedliche theoretische Strömungen, die verbindende Elemente aufweisen. Dieses Kapitel greift zwei weit verbreitete Theorien aus der internationalen fachdidaktischen Forschung auf und deren mögliche Verbindung. Zunächst wird das psychologische Konstrukt der Motivation mit intrinsischen und extrinsischen Ausrichtungen kurz vorgestellt. Anschließend wird differenziert auf das Interessenskonstrukt mit individueller und situationaler Ausrichtung eingegangen. Dabei werden fachdidaktische Spezifika wie Fach- und Sachinteresse eingeführt und die aufgrund von Alter und Geschlecht unterschiedliche Interessensentwicklung in MINT-Fächern aufgezeigt. Daraus resultieren abschließend zwei theoretische Modelle zur Interessensgenese, die näher vorgestellt werden: die *Person-Gegenstands-Theorie* und das *Vier-Phasen-Modell*.

#### *2.3.2.1 Die intrinsische und extrinsische Motivation*

Das psychologische Konstrukt der *Motivation* stützt sich auf kognitiv-handlungstheoretische Theorien: „Motivation gilt als zentrales Konstrukt der Verhaltensklärung. Sie wird als ‚psychische Kraft‘ bzw. Verhaltensbereitschaft verstanden, die insbesondere die Zielrichtung



(z. B. Prüfungsvorbereitung vs. Freunde treffen), die Ausdauer (z. B. zeitliche Erstreckung der Prüfungsvorbereitung) und die Intensität des Verhaltens (z. B. Ausmaß der Konzentration beim Lernen) beeinflusst“ (Schiefele, 2009, S. 152). Dabei wird zwischen den diametralen Ausrichtungen der *intrinsischen* und *extrinsischen Motivation* unterschieden. Während bei der intrinsischen Motivation die Handlung von einer Person internal ausgelöst und um ihrer selbst willen (z. B. aus Freude) durchgeführt wird, kann bei der extrinsischen Motivation die Handlung als Mittel zum Zweck, durch äußere Anreize initiiert (z. B. gute Schulnoten), angesehen werden (Krapp & Hascher, 2013; Rheinberg, 2008). PISA-Studienergebnisse aus den Jahren 2006 bis 2015 zeigen auf, dass 17 Länder und Volkswirtschaften einen Zuwachs bzw. 20 Länder und Volkswirtschaften eine Abnahme bezüglich *Freude der Schüler am naturwissenschaftlichen Lernen* verzeichnen. Dies ist als Skala für die intrinsische Motivation zu verstehen. Die Schweiz weist keine signifikanten Unterschiede auf, bei Zunahme von  $< 0.05$  Einheiten, und Deutschland verzeichnet eine signifikante Abnahme von  $< 0.1$  Einheiten. Die beiden Länder liegen insgesamt betreffend die intrinsische Motivation im PISA-Vergleich 2015 unter dem OECD-Durchschnitt und weisen genderspezifische Unterschiede auf (OECD, 2016).

### 2.3.2.2 *Das individuelle und situationale Interesse*

*Interesse*, das als Teil der intrinsischen Motivation eingeordnet werden kann, ist eine multidimensionale Variable und äußert sich im Verhalten durch Merkmale wie Aufmerksamkeit und Orientierung auf etwas oder jemanden. Sie grenzt sich insofern vom Konstrukt der generellen intrinsischen Motivation ab, als sich Interesse immer auf ein konkretes Objekt bzw. einen Gegenstand bezieht und der Begriff Interesse seinen Ursprung in theoretischen Strömungen der dynamischen Persönlichkeitskonzeption hat (Krapp, 1992, 1999). Der in Kapitel 2.2 beschriebenen Kontextualisierung von Lerninhalten liegt u. a. der Wunsch einer Interessenssteigerung bei Lernenden in den naturwissenschaftlich-technischen Fächern zu Grunde, da Interesse einen nachweislich wichtigen

Einfluss auf Leistungen von Lernenden bzw. auf deren Motivation (Leistungsmotivation vgl. Kapitel 2.3.4) sowie berufliche Orientierung in Naturwissenschaften und Technik hat (z. B. Köller et al., 2006; Potvin & Hasni, 2014; Schiefele et al., 1993). In einer auf Grundlage von 21 Studien aus insgesamt 19 Ländern mit neun verschiedenen Fachgebieten durchgeführten Metaanalyse bezüglich des Zusammenhangs von schulischem Interesse und Leistung errechneten Schiefele et al. (1993) eine Durchschnittskorrelation von  $r = .30$  zwischen Interesse und Leistung von Schüler\*innen zwischen dem 5. und 12. Schuljahr.

In der fachdidaktischen Forschung werden Interessen für Naturwissenschaften und Technik häufig in die beiden Bereiche Fach- und Sachinteresse gegliedert (Blankenburg & Scheerso, 2018; Häussler & Hoffmann, 2002; Hoffmann et al., 1997; Krapp & Prenzel, 2011): Das Fachinteresse meint dabei das Interesse an einem bestimmten (Schul-) Fach als Ganzes. Das Sachinteresse hingegen beschreibt Interessensausprägungen auf bestimmte Bereiche innerhalb einer naturwissenschaftlich-technischen Domäne: Interesse an einem bestimmten Themengebiet (z. B. das Thema Kräfte in Physik), Interesse an einem bestimmten Kontext (z. B. Kräfte in Alltagssituationen) und/oder Interesse an einer bestimmten Aktivität/Tätigkeit (z. B. wirkende Kräfte beim Klettern untersuchen). Empirisch weisen beide Ausrichtungen eine hohe Korrelation auf (z. B.  $r = .57$  in der IPN-Interessensstudie Physik von Hoffmann et al., 1997), lassen sich nicht immer sauber trennen und werden daher in Studien teils separiert und teils als ein- oder zweidimensionales Konstrukt betrachtet (vgl. Engeln, 2004; Habig, 2017; Häussler & Hoffmann, 2002; Pawek, 2009; van Vorst, 2013). Des Weiteren finden sich auch Unterscheidungen des Interesses nach physikalischen Inhalten und physikbezogenen Tätigkeiten bzw. Handlungen (Häussler & Hoffmann, 1995, 2002).

Während des Übergangs vom Primarschulalter in die Sekundarstufe I nehmen Interessen, parallel zu den in Kapitel 2.3.1 beschriebenen Einstellungen, in Naturwissenschaften und Technik generell ab (Archer et al., 2010; Christidou, 2011; Häussler & Hoffmann, 1998; Krapp & Prenzel, 2011; Mokhonko, 2016; Osborne et al., 2003; Potvin & Hasni,

2014). Obschon die Interessensabnahme in der Adoleszenz allgemein in Hinblick auf die berufliche Ausrichtung und Identitätsfindung (vgl. Kapitel 2.4) als normaler Prozess betrachtet werden kann, zeigen sich insbesondere in naturwissenschaftlich-technischen Fächern überdurchschnittliche Abnahmen der Interessen (Krapp & Prenzel, 2011; OECD, 2016). Untersuchungen weisen jedoch darauf hin, dass es bei der Interessensentwicklung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich fach- und themenspezifische Unterschiede allgemein und insbesondere zwischen den Geschlechtern gibt (u. a. Elster, 2007; Hoffmann et al., 1997; Holstermann & Bögeholz, 2007; Krapp & Prenzel, 2011; Osborne et al., 2003; van Vorst & Aydogmus, 2021). Großangelegte internationale Studien wie PISA (OECD, 2016), ROSE (Elster, 2007; Holstermann & Bögeholz, 2007; Sjøberg & Schreiner, 2019) oder TIMSS (J. Lee & Chen, 2019) und Metastudien (Krapp & Prenzel, 2011; Potvin & Hasni, 2014) implizieren anhand konkreter fach- und sachorientierter Items folgendes durchschnittliches Interessensbild von Kindern und Jugendlichen in Deutschland, Österreich und der Schweiz: Studien zeigen dahingehend Tendenzen in den Fachinteressen auf, dass Jungen sich stärker für das Fach Physik mit Technik und die Mädchen sich im Gegenzug mehr für Biologie interessieren. In Chemie scheint es bezüglich des Fachinteresses keine genderspezifischen Unterschiede zu geben. Themenspezifische Unterschiede entlang des Sachinteresses treten in allen drei Domänen auf: Jungen interessieren sich tendenziell stärker als Mädchen für physikalische, technische und teilweise chemische Themen (z. B. *Bewegung und Kräfte, Energie und ihre Umwandlung*). Während Jungen sich von Themen rund um *Forschung, Technik, Maschinen, Fahrzeuge, Elektronik* sowie *gefährliche Anwendungen* begeistern lassen, wenden sich Mädchen eher davon ab und zeigen einzig im Bereich von *medizinischen Geräten* und *Forschung verstehen* Interesse. Bei chemischen Themen interessieren sich beide Geschlechter z. B. für *Edelmetalle, Farbstoffe, Naturerscheinungen* und *Gefahren* sowie *Nutzen chemischer Anwendungen*. Mädchen tendieren zusätzlich eher zu Themen wie *Kohlehydrate* und *Chemie in Lebensmitteln* bzw. *im Haushalt*, während Jungen mehr Themen wie *Erdöl*

und *Säuren* spannend finden. Es zeigt sich, dass insbesondere Mädchen sich von den vermeintlich *harten* Fächern Mathematik, Physik mit Technik und zum Teil Chemie (vgl. Kapitel 2.3.1) über die Schulzeit hinweg u. a. aufgrund Interessensabfalls abwenden (Krapp & Prenzel, 2011; Luo et al., 2022; Mokhonko, 2016; Potvin & Hasni, 2014). Beide Geschlechter haben Interesse an biologischen Themen, wie *humanbiologische Aspekte, Umwelt- und Gesundheitsfragen* (z. B. *Wie Naturwissenschaften uns helfen können, Krankheiten zu verhindern*), wobei einige Studien darauf hinweisen, dass sich Mädchen tendenziell mehr für Themen rund um *Körper* und *Gesundheitsfragen* interessieren. Themen wie *Lebensräume* oder *das Universum und seine Geschichte bzw. das Weltall* interessieren beide Geschlechter etwa gleich. Es zeigt sich ein Trend, dass in weniger industrialisierten Ländern das Interesse für Naturwissenschaften und Technik höher ist als in technisch fortschrittlichen Ländern (Krapp & Prenzel, 2011; OECD, 2016; Potvin & Hasni, 2014). In Hinblick auf die u. a. in diesem und in Kapitel 2.3.1 erwähnten Einflüsse u. a. von Akteur\*innen auf die Einstellungen und das Interesse sowie mögliche Auswirkungen auf die Lernleistung, Kurs- und Berufswahl sind Interessensforschungen in der Fachdidaktik Naturwissenschaften und Technik in den letzten Jahrzehnten stärker in den Fokus gerückt.

### *Person-Gegenstands-Theorie des Interesses*

Lehr- und Lern-Handlungen, die auf der Interesstheorie beruhen, stehen immer auch in Zusammenhang mit der Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 1993; Ryan & Deci, 2000), weil sie auf die Fragen der auf Selbstbestimmung beruhenden Lernmotivation eingehen (Krapp & Hascher, 2013). So explorieren Kinder – unterstützt durch Anregungen, aber mit intuitiver Disposition – bereits in frühen Lebensjahren selbstbestimmt durch Handlungen sich und ihre Umwelt. Geleitet von dieser zugrunde liegenden Veranlagung werden Interessensgenesen theoretisch modelliert und untersucht. Interesse beinhaltet dabei sowohl kognitive als auch affektive Faktoren und ist durch biologische Einflüsse

teilweise determiniert (Hidi & Renninger, 2006; Krapp, 1992, 1999). In aktuellen fachdidaktischen Forschungen (u. a. Habig, Blankenburg et al., 2018) wird Interesse als ein Zusammenspiel von individuellen und umweltbedingten Faktoren sowie deren Interaktion betrachtet: Die *Person-Gegenstands-Theorie des Interesses* (engl. *person-object theory of interest*, kurz: *POI*) ist als dynamischer Prozess zwischen einer Person und einem Objekt definiert. Es wird dabei zwischen zwei Formen von Interesse unterschieden: *Situationales Interesse* (a) tritt während der Auseinandersetzung mit einer Thematik bzw. einem Objekt in einer bestimmten Situation auf und ist zeitlich begrenzt. Von *individuellem* bzw. *persönlichem* oder auch *dispositionalem Interesse* (b) wird dann gesprochen, wenn es als Internalisierung in einen längeren anhaltenden Zustand überführt wurde, also nicht mehr nur situationsbedingt auftritt (Hidi & Renninger, 2006; Krapp, 1999; Krapp & Prenzel, 2011). Diese Beziehung von Person und Objekt bzw. Gegenstand ist durch drei Komponenten gekennzeichnet (Krapp, 1992, 1999; Krapp & Prenzel, 2011; Schiefele, 1991):

- *Emotionale Valenz*: Die Gefühls- bzw. Emotionskomponente beschreibt eine positive Bewertung der emotionalen Erfahrung mit dem Gegenstand.
- *Wertbezogene Valenz*: Die Wertkomponente bezeichnet eine hohe subjektive Wertschätzung des Gegenstandsbereichs durch die Person.
- *Epistemische bzw. kognitive Valenz*: Die Wissenskomponente geht der Idee nach, dass eine Person bei Interesse mehr über ein Objekt erfahren und ihr Wissen erweitern möchte.

#### *Vier-Phasen-Modell zur Entwicklung von Interesse*

Das folgende Modell von Hidi und Renninger (2006) in Abbildung 3 verdeutlicht den Prozess der Interessensentwicklung von der ersten interessierten Zuwendung hin zu einer Internalisierung in vier Phasen: An erster Stelle steht ein durch externe Faktoren, wie z. B. ein Thema, eine Aufgabenstellung oder ein Lerngegenstand, hervorgerufenen,

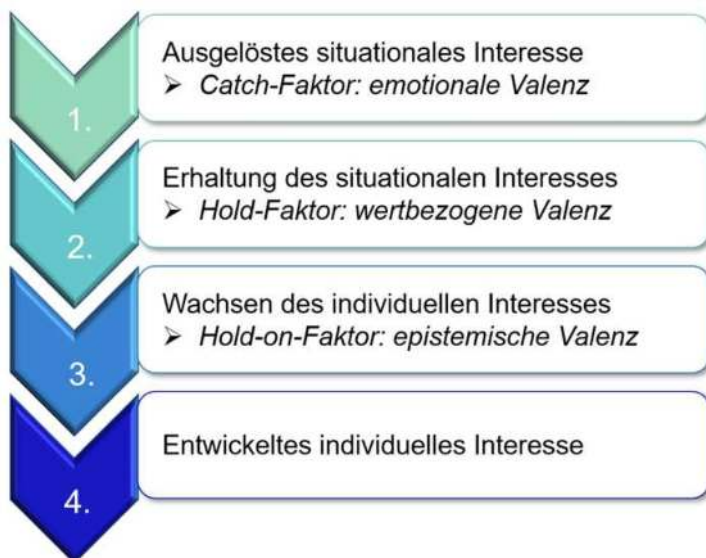


Abbildung 3: Vier-Phasen-Modell zur Entwicklung von Interesse nach Hidi und Renninger (2006) mit Interessensvalenzen nach Krapp und Prenzel (2011) angereichert

kurzzeitig ausgelöstes situationales Interesse. Mitchell (1993) eruierte in seiner Studie verschiedene sogenannter *Catch*-Faktoren, die dieses Interesse auslösen können und sich in der Interessenskomponente der emotionalen Valenz zusammenfassen lassen (Krapp & Prenzel, 2011). In der zweiten Phase soll das zuvor kurzzeitig ausgelöste situationale Interesse über einen längeren Zeitraum hin aufrechterhalten werden. Sogenannte *Hold*-Faktoren (Mitchell, 1993), die die persönliche Relevanz zwischen der Person und dem Interessensgegenstand aufzeigen können (Harackiewicz et al., 2000), unterstützen diesen Prozess und vereinen sich in der wertbezogenen Valenz (Krapp & Prenzel, 2011). Ab der dritten Phase ist das Interesse nicht mehr von äußeren Anregungen abhängig, sondern wird von der Person heraus mit interessen geleiteten Fragen o. Ä. an das Thema bzw. den Gegenstand geleitet, sodass ein individuelles Interesse wachsen kann. Obwohl die epistemische Valenz in bisherigen Forschungen keine Verortung im Modell findet, kann diese beispielsweise in Anlehnung an Mitchell (1993) und Krapp und Prenzel (2011) auf Stufe 3 als *Hold-on*-Faktor verortet werden. Gelingt es, diese intrinsisch geleitete Auseinandersetzung mit einem Gegenstand über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten, folgt die Internalisierung im Sinne des entwickelten individuellen Interesses. Hidi und Rennin-

ger (2006) betonen, dass die letzte Phase schwierig zu erreichen ist und ein Übergang von Phase drei zu vier nicht immer gelingt. Ist die Internalisierung erreicht, kann davon ausgegangen werden, dass die Person fortan danach strebt, das Interesse weiterzuentwickeln, und ein breites Wissen über den Gegenstand aufweist (Hidi & Renninger, 2006; Krapp & Prenzel, 2011).

Gemäß der Modellierung der Interessensgenese von Hidi und Renninger (2006) bezieht aktuelle fachdidaktische Forschung zu kontextualisiertem Lernen in Naturwissenschaften und Technik häufig nur die emotionale und wertbezogene Valenz mit ein (vgl. Fechner, 2009; Habig, 2017; Habig, Blankenburg et al., 2018; van Vorst & Aydogmus, 2021). In Studien der Schüler\*innenlabor-Forschung hingegen wird öfters die Dreidimensionalität der Interessensvalenzen miteinbezogen, da differenziertere Aussagen über das (nicht) Ansprechen von Lerninhalten erwartet werden (Engeln, 2004; Guderian & Priemer, 2008; Pawek, 2009; Priemer et al., 2018; Schüttler et al., 2021). Die vorliegende Studie geht diesem Desiderat nach und berücksichtigt eine Dreidimensionalität der Interessensvalenzen gemäß der weiterentwickelten Modellierung in Abbildung 3.

In Bezug auf Lehr-Lernleistungen ist das Interessenskonstrukt in schulfachbezogenen Kontext eng mit dem jeweiligen Selbstkonzept verbunden (Köller et al., 2006; Marsh et al., 2005). Nachfolgend wird der Begriff des schulischen bzw. fähigkeitsbezogenen Selbstkonzepts näher erläutert.

### **2.3.3 Das fähigkeitsbezogene Selbstkonzept in Naturwissenschaften und Technik**

Das fachspezifische Selbstkonzept ist u. a. wegen des mehrfach nachgewiesenen direkten und indirekten Einflusses auf schulische Lernprozesse und die effektive Leistungsfähigkeit sowie genderspezifischen Ausprägungen seit einigen Jahren ein wichtiges Konstrukt in der fachdidaktischen Forschung der MINT-Fächer (u. a. Eccles & Wigfield, 2002; Kessels, 2012; Köller et al., 2006; J. Möller et al., 2020; J. Möller

& Trautwein, 2015; Wu et al., 2021). Aufgrund der komplexen theoretischen Struktur werden nachfolgend zunächst Selbstkonzeptkonstrukte mit allgemeinem und fachspezifischem Fokus aus pädagogisch-psychologischer Sicht verortet. Ergänzend werden Gemeinsamkeiten und eine theoretische Abgrenzung zum verwandten Konstrukt der Selbstwirksamkeitserwartung aufgeführt. Die darauffolgenden zwei Kapitel widmen sich zwei Aspekten der Selbstkonzeptgenese, den Bezugsrahmeneffekten und der Ursachenzuschreibung (Attributionstheorie). Ergänzend folgen empirisch und theoretisch fundiert dargelegt mögliche Einflüsse des fähigkeitsbezogenen Selbstkonzepts auf die persönliche Lernleitung und mögliche Berufswahl. Im letzten Kapitel werden Möglichkeiten und Grenzen der Messbarkeit des Selbstkonzepts aufgezeigt.

### 2.3.3.1 *Eine Einordnung des allgemeinen und fachspezifischen Selbstkonzeptkonstrukts*

Der Begriff *Selbstkonzept* beinhaltet aus psychologischer Sicht verschiedene theoretische Konstrukte. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff aus pädagogisch-psychologischer Perspektive aufgefasst und zunächst näher verortet. Gemäß dem hierarchischen Selbstkonzept-Strukturmodell nach Shavelson et al. (1976) lässt sich der Begriff Selbstkonzept auf vier Ebenen verankern, wobei diese von generell zu situationsspezifisch changieren. Das allgemeine Selbstkonzept stellt die mentale Repräsentation der eigenen Person dar, mit Vorstellungen, Einschätzungen und Bewertungen zur eigenen Person (Moschner & Dickhäuser, 2018). Diese generelle persönliche Personeneinschätzung lässt sich auf einer zweiten Ebene in bereichsspezifische Selbstkonzepte (engl. *domain-specific self-concept*) unterteilen: schulisches, soziales, emotionales und physisches Selbstkonzept. Auf der dritten Ebene unterteilen sich diese domänenspezifischen Selbstkonzepte in Subdimensionen. In der vorliegenden Arbeit wird fortan auf das generelle schulische Selbstkonzept, in den Subdimensionen pluralisiert auf die einzelnen Fachdisziplinen bezogen (z. B. Selbstkonzept Physik, Selbstkonzept Deutsch), fokussiert. Solche schulischen Selbstkonzepte, auch fähig-



keitsbezogen oder akademisch genannt, stellen gemäß J. Möller und Köller (2004) eine generalisierte fachspezifische Fähigkeitseinschätzung dar, die Lernende durch Kompetenzerfahrungen in Schul- bzw. Studienfächern erwerben. Geprägt werden die akademischen Selbstkonzepte auf der untersten Ebene durch Beurteilung des persönlichen Verhaltens in spezifischen Situationen. Das fähigkeitsbezogene Selbstkonzept kann als die Selbstwahrnehmung der Lernenden bezüglich der eigenen Stärken und Schwächen der einzelnen Fächer im akademischen Umfeld definiert werden (Ow & Husfeldt, 2011; Scherer, 2013). Dieses wird kontinuierlich durch Erfahrungen und Interaktionen mit der Umgebung geformt (Scherer, 2013). Während Shavelson et al. (1976) in ihrer ursprünglichen Modellfassung das generelle fähigkeitsbezogene Selbstkonzept subdimensional als Auffächerung in die unterschiedlichen fachdisziplingeprägten akademischen Selbstkonzepte darstellten, wurde in einer späteren Fassung des Modells (Marsh et al., 1988) eine domänenspezifische Zwischenebene eingefügt. Unterhalb des generellen schulischen Selbstkonzepts wurden, weitgehend voneinander getrennt, das verbale und das mathematische Selbstkonzept eingebaut. Beide weisen jeweils starke Zusammenhänge in den sprachlichen bzw. mathematisch-naturwissenschaftlichen Fähigkeitsüberzeugungen auf, korrelieren aber nur unwesentlich miteinander (Möller & Trautwein, 2015). Obschon es betreffend das generalisierende, eindimensionale Selbstkonzept validierte und mehrfach rezipierte Messinstrumente gibt (z. B. Rosenberg-Skala nach Rosenberg, 1965), konnte für die pädagogisch-psychologische Forschung empirisch nachgewiesen werden, dass durch bereichsspezifische Selbstkonzepte bessere Vorhersagen auf schulrelevante Variablen, wie z. B. die Lernleistung in einem Fach, getroffen werden können (Marsh & Craven, 2006; J. Möller & Trautwein, 2015; Trautwein et al., 2006). Wiederholte Dimensionsanalysen deuten darauf hin, dass diese fachspezifischen Selbstkonzepte eigenständige Faktoren darstellen (Feng et al., 2018). Das physikbezogene Selbstkonzept ist auf der Ebene der fachspezifischen Selbstkonzepte einzuordnen.

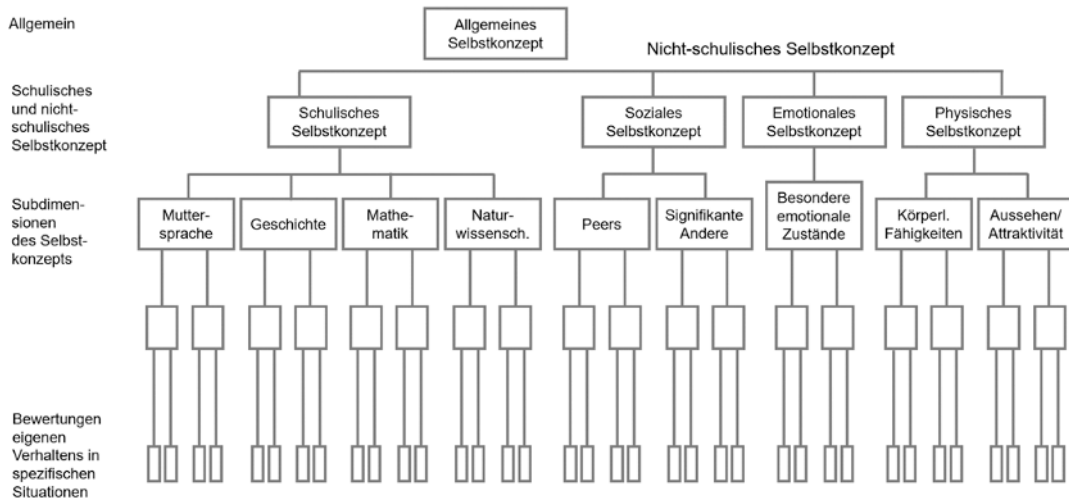


Abbildung 4: Modell zur hierarchischen Struktur des Selbstkonzepts (Shavelson et al., 1976)

### 2.3.3.2 Abgrenzung zur Selbstwirksamkeitserwartung

Die Selbstwirksamkeitserwartung meint als Abgrenzung zum Selbstkonzept die subjektive Annahme, inwiefern kontextbezogen neue oder schwierige Aufgaben aufgrund der eigenen Kompetenzen bewältigt werden können (Jerusalem, 2016; Kessels, 2012; Morin, 2017). Das Konstrukt der Selbstwirksamkeit ist von der sozial-kognitiven Theorie nach Bandura (1986), der Verursachungstheorie nach DeCharms (1968) und der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (1993) geprägt. Das Selbstkonzept wird in Bezug auf die Selbstwirksamkeit als breiter gefasst, zeitstabiler und stärker rückblickend auf bisherige Fertig- und Fähigkeiten bezogen eingestuft (Bandura, 1997). Nach J. Möller und Trautwein (2015) ist die Selbstwirksamkeit im Gegensatz zum Selbstkonzept weniger durch soziale Vergleiche bestimmt. Obwohl diese beiden Selbst-Konstrukte, Selbstkonzept und Selbstwirksamkeit, mittlere bis starke fachinterne Beziehungen aufzeigen (Bong & Skaalvik, 2003), weisen diverse Forschungen darauf hin, dass diese Konstrukte sich theoretisch und empirisch auf manifester (Skalen) und latenter (Konstrukte) Ebene fachspezifisch trennen lassen (Feng et al., 2018; Peiffer et al., 2020; Skaalvik & Skaalvik, 2006).

### 2.3.3.3 Bezugsrahmeneffekte

Einschätzungen der eigenen Fähigkeiten können gemäß Schöne et al. (2003, S. 5) *absolut* bzw. *bezugsrahmenunspezifisch* („Ich bin begabt“) oder in Relation zu einem Bezugsrahmen („Ich bin begabter als...“) erfolgen. Als Quelle der Selbstkonzeptgenese werden häufig Vergleichsinformationen verschiedener Bezugsrahmen herangezogen (Kessels, 2012; J. Möller & Trautwein, 2015; Schöne et al., 2003): Beim *sozialen* Vergleich wird die eigene Leistung in einem Fach mit derjenigen von Mitschüler\*innen verglichen. Aktuelle persönliche Leistungen werden bei einem *individuellen* bzw. *temporalen* Vergleich mit den eigenen Leistungen aus der Vergangenheit verglichen. Ein *dimensionaler* Vergleich bezieht sich auf die eigene Leistung in einem Schulfach und auf diejenigen Leistungen aus anderen Schulfächern. Und beim *kriterialen* bzw. *sachlichen* Vergleich stehen festgelegte Kriterien bzw. Standards im Zentrum.

Die folgenden zwei Phänomene, beide als Bezugsrahmeneffekt bezeichnet, können exemplarisch als Erklärung von Zusammenhängen zwischen schulischen Leistungen und den fachbezogenen Selbstkonzepten unter dem Aspekt der Vergleichsinformationen im schulischen Kontext herangezogen werden: Der *Big-Fish-Little-Pond-Effekt* als sozialer Bezugsrahmen beschreibt den individuellen Leistungsvergleich von Lernenden innerhalb einer Gruppe bzw. Klasse und deren Einfluss auf das jeweilige Fähigkeitsselbstkonzept. Schüler\*innen mit gleicher individueller Leistungsfähigkeit im jeweiligen Fach (fish), die aber in Klassen (pond) mit unterschiedlichen Leistungsniveaus unterrichtet werden, weisen tendenziell unterschiedliche Fähigkeitskonzeptwerte auf. Diesem sozialen Vergleich zufolge entwickelt sich das Selbstkonzept bei Lernenden mit vergleichbarem Leistungsniveau in einer leistungsstarken Gruppe (little fish/big pond) auf Dauer negativer als in einer leistungsschwächeren Umgebung (big fish/little pond) (Kessels, 2012; Marsh et al., 2005; Marsh & Craven, 2006; J. Möller & Trautwein, 2015). Das *Internal-External-Frame-of-Reference Modell* (I/E-Modell) ist ein dimensionaler Bezugsrahmen und beschreibt neben zuvor aufgeführten Leistungsvergleichen unter Mitschüler\*innen (external) auch den Ein-

fluss von intrapersonalen Leistungsvergleichen zwischen verschiedenen Fächern bzw. Domänen auf die jeweilige Fähigkeitsselbstkonzeptentwicklung (Kessels, 2012; Marsh, 1986; Marsh et al., 2005). Studien von Saß und Kampa (2019) und Uerz et al. (2004) zeigen den zusätzlichen Einfluss der Dimensionsvergleiche bei der Kurswahl und den Berufswünschen auf der Sekundarstufe II: Lernende, die ein höheres akademisches Selbstkonzept im mathematischen und physikalischen Bereich im Vergleich zum sprachlichen Bereich aufweisen, wählen eher naturwissenschaftlich-technische Kurse und geben entsprechende Berufswünsche in diesem Bereich an. Schülerinnen mit einem hohen Selbstkonzept in beiden Bereichen wählen, im Gegensatz zu Schülern, eher sprachliche Kurse und geben Berufswünsche im sprachlichen Bereich an. Jungen geben insgesamt signifikant häufiger einen naturwissenschaftlich-technischen Berufswunsch an als Mädchen. Gemäss Kessels (2012) sowie J. Möller und Trautwein (2015) ist es bei den sozialen, dimensional, temporalen und kriterialen Vergleichen und deren Auswirkungen mitentscheidend, welchen Ursachen Schüler\*innen einem erlebten Misserfolg bzw. Erfolg zuschreiben.

### 2.3.3.4 Ursachenzuschreibung (Attributionstheorie)

Die sogenannte Attributionstheorie beschreibt den Vorgang, dass Personen häufig bei persönlich wichtigen und neuartigen Ereignissen die Ursache für das eigene Verhalten und das von anderen Personen versuchen zu eruieren (Finsterwald et al., 2012; Weiner, 2010). „So können Handlungen und Ereignisse auf innere (internale) oder äußere (externale) Bedingungen zurückgeführt werden (Dimension Lokalität). Zudem kann eine Ursache immer wieder auftreten (d.h. stabil sein) oder variabel sein (Dimension Stabilität)“ (Finsterwald et al., 2012, S. 194). Diverse Studien liefern Hinweise darauf, dass in den Fächern Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik – jedoch bisher nicht in sprachlichen Fächern – geschlechterspezifische Unterschiede in Bezug auf die Ursachenzuschreibung von Lernleistungen bestehen: Mädchen führen ihre Lernerfolge in diesen Fächern eher auf external-variable

Ursachen – wie Glück oder leichten Aufgaben – oder teilweise durch internal-variable Ursachen – wie die aufgebrauchten Anstrengungen und Prüfungsvorbereitung – und ihre Misserfolge eher auf stabile interne Ursachen – wie die eigene Fähigkeiten – zurück. Jungen hingegen attribuieren tendenziell ihre Erfolge auf internal-stabile Bedingungen – wie ihre eigene Begabung – und Misserfolge auf external-variable oder internal-variable Ursachen (Dickhäuser & Stiensmeier-Pelster, 2003; Finsterwald et al., 2012; Kessels, 2012; Meece et al., 2006; Ziegler & Schober, 2001). Lernerfolge bzw. -misserfolge beeinflussen das fähigkeitsbezogene Selbstkonzept insbesondere bei internal-stabilen Ursachenzuschreibungen wie der vorhandenen oder fehlenden Fähigkeit bzw. Begabung (J. Möller & Trautwein, 2015). Attributionen allgemein beeinflussen künftiges Leistungshandeln und die Leistungsbereitschaft massgeblich (Weiner, 2010). Während bei Misserfolgen internal-variable Faktoren, wie die eigene Lernanstrengung, eine günstige Aussicht auf künftige Lernvorbereitungen ermöglichen, führen unkontrollierbare Faktoren wie variables Glück/Pech (external) oder stabile fehlende Begabung (internal) eher zu Hilflosigkeit. Im letzteren Fall unterschätzen Schüler\*innen ihre Fähigkeiten im jeweiligen Fach, werten ihren persönlichen Beitrag bei Erfolgen entsprechend ab und geben bei Anforderungen generell schnell auf (Finsterwald et al., 2012; J. Möller & Trautwein, 2015). Attributionsmuster können durch gezieltes Training positiv beeinflusst werden (Attributions- bzw. Reattributionstraining) (Finsterwald et al., 2012; Ziegler & Schober, 2001).

### *2.3.3.5 Einflüsse des fähigkeitsbezogenen Selbstkonzepts auf Lernleistungen und Berufswahl*

Fähigkeitsbezogene Selbstkonzepte sind als Konstrukt in der fachdidaktischen Forschung wichtig, weil sie, direkt oder moderiert durch motivationale Variablen, schulische Lernprozesse nachweislich beeinflussen (Eccles & Wigfield, 2002; u. a. Kessels, 2012; J. Möller, 2005). Empirisch konnte mehrfach nachgewiesen werden, dass eine positive Bewertung der eigenen Leistungsfähigkeit einen positiven Einfluss auf

die tatsächliche Leistung hat (Köller et al., 2006; Marsh et al., 2005; Marsh & Craven, 2006; J. Möller et al., 2020; J. Möller & Trautwein, 2015; Valentine et al., 2004; Wu et al., 2021). Zudem kann über diese Personenmerkmale leistungsthematisches Verhalten erklärt und vorhergesagt werden, im Sinne des Self-Enhancement-Ansatzes (Marsh, 1990; J. Möller & Köller, 2004). Marsh et al. (2005) gehen gemäß dem ‚Reciprocal Effects-Modell‘ (REM) davon aus, dass Selbstkonzepte und Interessen in ihrer repräsentativen Studie sowohl eine Ursache als auch eine Wirkung der Leistungen sind und Interventionen dieser reziproken Effekte Rechnung tragen sollen: „The reciprocal effects model suggests that the most effective strategy is to improve academic self-concept, interest, and achievement simultaneously“ (Marsh et al., 2005, S. 413). Insgesamt fiel der Einfluss des Selbstkonzepts und des Interesses auf die nachgeordnete Testleistung höher aus als umgekehrt (Köller et al., 2006; Marsh et al., 2005). Interessen und Fähigkeitsselbstkonzepte sind eng miteinander verbunden (vgl. Kapitel 2.3.4) (Eccles & Wigfield, 2002; Köller et al., 2006). Häußler und Hoffmann konnten z. B. in ihrer Studie nachweisen, dass sich Interessensunterschiede in Physik zwischen Mädchen und Jungen fast vollständig auf das Selbstkonzept zurückführen lassen (Häussler & Hoffmann, 1998). Wie unter anderem Habig (2017), Jansen et al. (2014) und Schilling et al. (2006) in ihren Forschungen bezüglich geschlechtsspezifischer Unterschiede im schulischen Selbstkonzept aufzeigen konnten, haben Jungen im Bereich der Chemie, Physik und Mathematik ein nachweislich höheres Fähigkeitsselbstkonzept als Mädchen. In sprachlichen Fächern, wie Englisch und Deutsch, weisen die Jungen ein tieferes Fähigkeitsselbstkonzept auf und in Bezug auf das Fach Biologie gibt es kaum messbare Unterschiede (Häussler & Hoffmann, 1995; Kessels, 2012; Schilling et al., 2006). Da Mädchen zusätzlich eine geringere Erfolgserwartung insbesondere in Mathematik, Chemie und Physik haben und insbesondere Mathematik und Physik männlich stereotypisiert werden (vgl. Kapitel 2.3.1), kann dies negative Auswirkungen auf eine berufliche Laufbahn in den Naturwissenschaften, konkret in physikalisch-technischen Bereichen, haben (Boerlin et al., 2014). Neben geschlechts- und altersabhängigen Interessen spielt

nämlich auch das akademische Selbstkonzept eine wesentliche Rolle bei der Fächer-, Studien- und Berufswahl in Naturwissenschaften und Technik: Lernende mit einem hohen Selbstkonzept in einem bestimmten MINT-Bereich wählen mit größerer Wahrscheinlichkeit als solche mit einem tiefen Selbstkonzept einen weiterführenden Kurs, einen Beruf bzw. ein Studium in Naturwissenschaften, Informatik, Mathematik oder Technik (DeWitt et al., 2013; Ertl et al., 2017; Jansen et al., 2014; Saß & Kampa, 2019; Schilling et al., 2006). Weiter konnte mehrfach ein enger Zusammenhang zwischen Kurswahl und der anschließenden Studienfachwahl bei Schüler\*innen auf Gymnasialstufe nachgewiesen werden (z. B. Schnabel & Gruehn, 2000). J. Möller und Trautwein (2015, S. 191) weisen darauf hin, dass sich diese gemessenen Unterschiede bei den Geschlechtern viel mehr auf implizite und explizite Geschlechtsstereotypen zentraler Bezugspersonen, wie Peers, Eltern und Lehrpersonen, als auf effektive Leistungsunterschiede zurückführen lassen (vgl. Kapitel 2.3.1). Die Beeinflussung dieser Bezugspersonen wird in Denk- und Handlungsweisen erkennbar. So konnten Trautwein und Baeriswyl (2007) in einer Deutschschweizer Studie mit 771 Schüler\*innen und 48 Primarlehrpersonen des Kantons Freiburg feststellen, dass Lehrpersonen bei gleichem Leistungsniveau eines Schülers und einer Schülerin dem Jungen mehr Begabung und dem Mädchen mehr Fleiß zuschreiben. Eccles und sein Forschungsteam konnten in Längsschnittstudien zudem aufzeigen, dass bei gleichem Leistungsstand in Mathematik die Eltern und Lehrpersonen von Schüler\*innen Jungen tendenziell eine höhere Begabung zuschreiben als Mädchen, und dass die Eltern von Jungen in ebendiesem Fach eine bessere Leistung von ihnen erwarten als von Mädchen (Frome & Eccles, 1998).

Elsholz (2019) konnte in seiner Studie mit insgesamt 103 Studierenden des Lehramts Physik nachweisen, dass genderspezifische Unterschiede beim physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept – in seiner Studie aufgeteilt in die Dimensionen Fachwissenschaft Physik (CK), Fachdidaktik Physik (PCK) und Erziehungswissenschaften (PK) nach Shulman (1986) – auch im Lehramtsstudium nachweisbar sind. Männliche Lehramtsstudierende zeigten jedoch ausschließlich innerhalb

des sozialen Bezugsrahmens für die fachwissenschaftliche Dimension signifikant höhere Werte. Außerhalb des sozialen Bezugsrahmens – bei absoluten, kriterialen und temporalen Vergleichswerten – erbrachten weibliche Studierende signifikant höhere Selbstkonzeptwerte als männliche in den Dimensionen Fachdidaktik Physik und Erziehungswissenschaften. In Bezug auf die Fachwissenschaften in Physik konnten außerhalb des sozialen Bezugsrahmens keine signifikanten Unterschiede in den Fähigkeitskonzeptwerten zwischen den Geschlechtern gemessen werden. Während die Lehramtsstudierenden insgesamt im individuellzeitlichen Vergleich von aktuellen mit früheren Fähigkeiten hohe Selbstkonzeptwerte angaben, lagen die Mittelwerte im sozialen Bezugsrahmen, also beim Vergleich mit anderen Studierenden, signifikant unter den Werten der anderen Bezugsrahmen (Elsholz, 2019). Diese Resultate machen deutlich, dass gendersensible, selbstkonzeptstärkende Interventionen auch auf Stufe des Lehramtsstudiums im Bereich von Naturwissenschaften und Technik erforderlich sind. Weiterführende Studien sind notwendig, um die Studienergebnisse von Elsholz (2019) in Vergleich zu setzen und deren Gültigkeit zu verifizieren.

### *2.3.3.6 Die Messbarkeit des Selbstkonzepts*

Die Stabilität eines Selbstkonzepts lässt sich nach Mortimer et al. (1982) unterschiedlich messen: als normative Stabilität, Mittelwertsstabilität, strukturelle Stabilität, intraindividuelle Stabilität und Konstruktstabilität (J. Möller & Trautwein, 2015). In der vorliegenden Arbeit werden z. B. anhand eines Vergleichs derselben Probandengruppe zu zwei Messzeitpunkten mit demselben Messinstrument interindividuelle Unterschiede durch Subgruppen (normative Stabilität) und Mittelwertsunterschiede der gesamten Untersuchungsgruppe (Mittelwertsstabilität) gemessen. Bisherige empirische Befunde weisen auf eine recht hohe normative Stabilität des Selbstkonzepts hin, die mit steigendem Alter zunimmt und Schwankungen beinhalten kann (Asendorpf & van Aken, 2003; Marsh & Craven, 2006; Wigfield et al., 1997). Im Vergleich dazu weisen Studien signifikante Veränderungen der Mittelwerte des Selbstkonzepts



auf (Helmke, 1998). Aktuelle fachdidaktische Forschungen bevorzugen Instrumente für die akademische Selbstkonzeptbestimmung, die eine Kompetenzwahrnehmung („Ich bin gut in Physik“) mit kognitiv-evaluativen Items abbilden, und grenzen affektive Komponenten ab bzw. ordnen diese eher dem Interesse oder der Motivation zu (u. a. Elsholz, 2019; Fechner, 2009; Habig, 2017; Kessels, 2012; J. Möller & Trautwein, 2015; Sumfleth & Wild, 2005; van Vorst, 2013). Dabei werden die Fähigkeitszuschreibungen teilweise absolut als auch getrennt nach möglichen Bezugsrahmen (vgl. Kapitel 2.3.3.3) erfasst (Schöne et al., 2003). Akademische Selbstkonzepte werden insgesamt als wesentlicher Bestandteil einer Identität bzw. Teilidentität im domänenspezifischen Bereich aufgefasst (Elsholz, 2019).

Die in Kapitel 2.3 beschriebenen affektiven Merkmale bilden für sich, aber insbesondere zusammenhängend wichtige Einflussfaktoren auf Lehr- und Lernleistungen von Schüler\*innen (Eccles & Wigfield, 2002; Köller et al., 2006; Krapp & Prenzel, 2011; J. Möller & Trautwein, 2015; Potvin & Hasni, 2014). Die theoretische Rahmung und empirische Prüfung möglicher Zusammenhänge und Grenzen für die fachdidaktische Forschung werden nachfolgend anhand der Erwartungs-Wert-Theorie von Eccles diskutiert.

### **2.3.4 Mögliche Zusammenhänge affektiver Merkmale anhand der Erwartungs-Wert-Theorie**

Wie bereits in den vorangehenden Kapiteln 2.3.1, 2.3.2 und 2.3.3 vermerkt, sind die affektiven Konstrukte Einstellungen, Interesse und Fähigkeitsselbstkonzept eng miteinander verbunden (Eccles & Wigfield, 2002; Köller et al., 2006; Sheldrake et al., 2019). Folgend wird ein theoretischer Rahmen vorgestellt, der diese Zusammenhänge affektiver Variablen in Hinblick auf Leistungsmotivation verdeutlicht, empirisch mehrfach geprüft und in der aktuellen fachdidaktischen Forschung zu Naturwissenschaften und Technik Einzug gehalten hat. „Der Begriff der *Leistungsmotivation* (*learning motivation*) bezeichnet [dabei] ganz generell die Bereitschaft von Lernenden, sich aktiv, dauerhaft und wir-

kungsvoll mit bestimmten Themengebieten auseinanderzusetzen, um neues Wissen zu erwerben bzw. das eigene Fähigkeitsniveau zu verbessern (vgl. Krapp, 1993; Schiefele, 2009)“ (Krapp & Hascher, 2013, S. 253). Die Erwartungs-Wert-Theorie nach Eccles (Eccles, 1983; 2005) stützt sich auf klassische Entscheidungs- und Handlungstheorien aus der Leistungsmotivationsforschung mit vier Hauptelementen: Situation, Handlung, Ergebnis und Folgen (u. a. Heckhausen, 1989; Rheinberg, 1989). Klassische Theorien gehen davon aus, dass eine Person sich in jeder Situation vor einer Handlung mit möglichen Ergebnissen und Folgen auseinandersetzt, indem sie die Attraktivität des jeweiligen Ziels (Wert) mit der Wahrscheinlichkeit es zu erreichen (Erwartung) verrechnet und danach entscheidet, ob und wie aktiv sie in einer Situation handeln möchte. Das weiterentwickelte Modell von Eccles (2005) macht deutlich, welche Entwicklungsbedingungen zu den jeweiligen Erwartungen, Werten und der Handlung bzw. leistungsbezogenen Aufgabewahl führen. Dem fähigkeitsbezogenen Selbstkonzept kommt in diesem Modell der Abbildung 5 eine tragende Rolle zu. Die bereits in Kapitel 2.3.3 beschriebenen externalen und internalen Einflussfaktoren auf das Fähigkeitsselbstkonzept werden in diesem Modell u. a. durch das kulturelle Milieu und die individuellen Voraussetzungen eines Kindes (A, C), anhand von Einstellungsprägungen durch persönlich wahrgenommene und tatsächliche Überzeugungen der Umwelt (B, E) sowie durch von Vorerfahrung geprägte Attributionsmuster (D, F, H) beschrieben. Die Erfolgserwartungskomponente (I) wird dabei direkt vom jeweiligen Selbstkonzept beeinflusst und stellt ins Zentrum, ob ein Kind erwartet, diese Aufgabe bzw. einen Leistungstest zu bewältigen. Weiter steht die Wertkomponente (J, subjektive Valenz) in enger Verbindung zur Erfolgserwartung. Der Wert wird gemäß Eccles (2005) von den vier Faktoren Interesse bzw. Spaß für die Sache oder das Fach (intrinsic value) (a), mögliche Wichtigkeit durch Zielerreichung bzw. persönliche Relevanz (attainment value) (b), Zweckmäßigkeit bzw. Nützlichkeit für Ziele (utility value) (c) und relative Kosten bzw. mögliche Mühen und Hindernisse (cost) (d) geprägt. Kombiniert führen die Erfolgserwartungs- und Wertkomponenten zur leistungsbezogenen Wahl (z. B. Kurs-, Berufs-

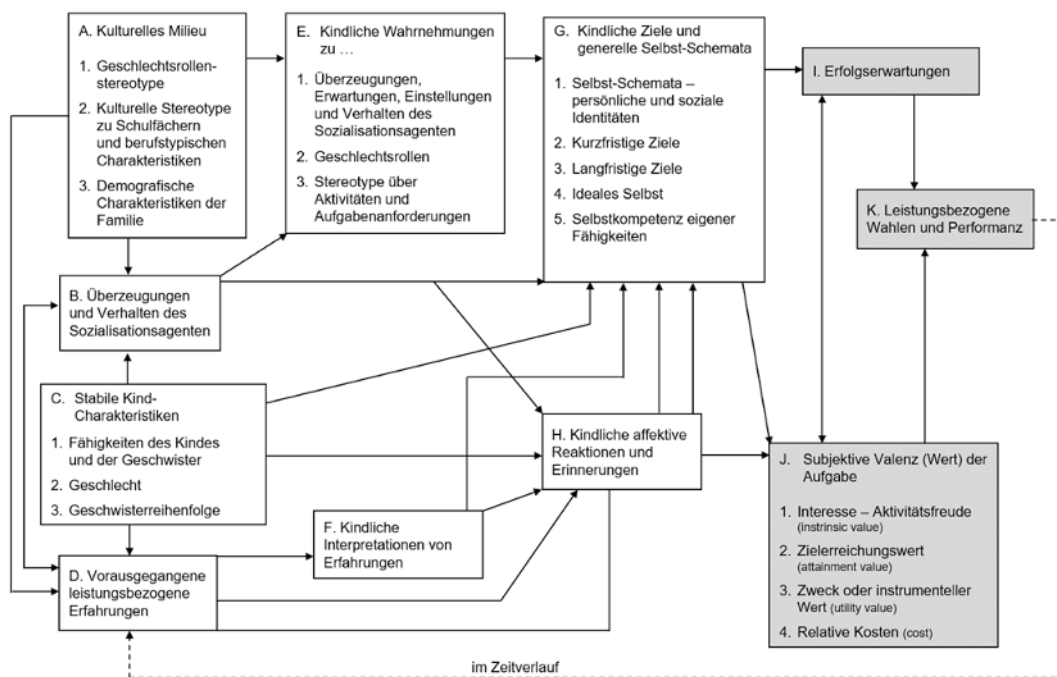


Abbildung 5: Allgemeines Erwartungs-Wert-Modell leistungsbezogener Aufgabewahl (nach Eccles, 2005, S. 106)

oder Studienwahl) und der Performanz (Anstrengung, Ausdauer) (K) bei Schüler\*innen. Diese Handlung wiederum beeinflusst künftige Entscheidungen als vorausgegangene Leistungserfahrung (D).

Das Modell von Eccles (Eccles, 1983; 2005) verdeutlicht, dass sich Fähigkeitsselbstkonzepte und Interessen – in Abhängigkeit von Fach und Alter – generell gegenseitig positiv zu beeinflussen scheinen und diese direkt, durch Einstellungen sowie implizite und explizite Stereotype geprägt, die Wahl und Performanz von Schüler\*innen beeinflussen können (Eccles, 2009; Eccles & Wigfield, 2002, 2020; J. Möller & Trautwein, 2015; Potvin et al., 2020; Sheldrake et al., 2019). Tiefe Interessens- und Selbstkonzeptwerte in einem Fach wirken sich daher tendenziell negativ auf die domänenspezifische Lernmotivation und Leistung aus (J. Möller & Trautwein, 2015). Eccles und Kolleg\*innen konnten in ihren Studien zum Erwartungs-Wert-Modell anhand der im Modell beschriebenen Einflussfaktoren insbesondere in MINT-Fächern u. a. geschlechterspezifische Differenzen in der Leistungsmotivation von Mädchen und Jungen aufzeigen (u. a. Eccles, 2005; Sheldrake et al., 2019; Wang & Degol, 2013;

Wang & Eccles, 2013; Wigfield et al., 1997). Sheldrake et al. (2019) ermittelten zum Beispiel in ihrer Längsschnittstudie prospektiv mit 2 258 Schüler\*innen im Alter von 12 bis 15 Jahren aus 88 Sekundarschulen in England aufgrund des Erwartungs-Wert-Modells mit Erweiterungen mögliche Prädiktoren für die Studienwahl Physik bei Schüler\*innen der Sekundarstufe II: Die wahrgenommene Beratung durch soziale Akteur\*innen (Lehrperson, Eltern, Peers), die auf Physik bezogene Unterstützung zuhause, die wahrgenommene Nützlichkeit der Physik, das Interesse an der Physik sowie das fähigkeitsbezogene Selbstkonzept für Physik. Insgesamt kann das erläuterte Erwartungs-Wert-Modell mit Anknüpfungen an psychologische Konstrukte sowie affektiven und kognitiven Aspekten als mehrheitlich umfassend eingeordnet werden (Bøe & Henriksen, 2015; Rabe & Krey, 2018; Sheldrake et al., 2019). Lernsituationen sollten im Unterricht und auch in weiterführenden Freizeitangeboten so gestaltet werden, dass Schüler\*innen günstige Wert- und Kontrollzuschreibungen trainieren und anwenden können (Eccles, 2009; Eccles & Wigfield, 2020; Ladewig et al., 2020; Wang & Eccles, 2013; Watt, 2016).

Obwohl dem Erwartungs-Wert-Modell breite Achtung in fachdidaktischer Forschung geschenkt wird, werden in einigen Studien mögliche Grenzen des Modells und die fehlende Passung zu Identitätsforschungen in Naturwissenschaften und Technik diskutiert (Bøe et al., 2011; Bøe & Henriksen, 2015; Rabe & Krey, 2018; Stokking, 2000). Nach Rabe und Krey (2018, S. 204) können die Kritikpunkte folgend zusammengefasst werden:

- (a) Fehlende Sensitivität für soziale Faktoren und Domänenspezifität: Das Erwartungs-Wert-Modell (Eccles, 1983; 2005) und zugehörige Erhebungsinstrumente weisen eine mangelnde Sensitivität für relevante soziale Faktoren bzw. Rahmenbedingungen der Bildungsinstitutionen oder auch für Zufälle bei Bildungswegentscheidungen auf. Zudem weisen sie eine begrenzte Domänenspezifität auf, da spezifische Begründungsmuster angesichts verschiedener Fachkulturen nicht berücksichtigt werden.

- (b) Fehlende Prozessperspektive: Die Prozesshaftigkeit von Bildungswegentscheidungen und die zeitliche oder kontextgebundene Veränderung von Begründungsmustern können im Modell nicht abgebildet werden. Die – zumindest in den frühen Versionen – implizite Annahme, dass Bildungswegentscheidungen auf einen Zeitpunkt terminiert werden können und von informierten Individuen rational getroffen werden, greift zu wenig weit.
- (c) Fehlende Klarheit über Modellgenese und Aussagekraft: Es ist nicht abschließend geklärt, ob es sich beim Erwartungs-Wert-Modell (Eccles, 1983; 2005) um ein theoretisches Modell handelt oder um ein Arrangement von Variablen, das der Entwicklung von Instrumenten und Datenanalysen dient. Weiter herrscht Unklarheit darüber, ob die im Modell spezifizierten Zusammenhänge sich nur auf aggregierte Analysen oder auch auf die Ebene des Individuums beziehen.

Insbesondere zeigt sich, dass sich beim Erwartungs-Wert-Modell entsprechende Probleme von Lernleistungen und Kurs- sowie Berufswahl bei Personen darstellen lassen, das Verstehen oder Lösen der Probleme werde in diesem Modell aber nicht unterstützt. Bøe et al. (2011) schlagen aufgrund ihrer theoretischen und empirischen Aufarbeitung vor, das Modell von Eccles (1983, 2005) als Rahmen für weitere Forschung bezüglich der Beteiligung an MINT-Fächern und möglichen Berufs- sowie Studienwahl zu nutzen, aber für genauere Einblicke Perspektiven aus soziologischen Theorien der Spätmoderne und Identitätskonstruktionen als zusätzliche Einblicke vermehrt in den Fokus der Forschung zu rücken (Bøe et al., 2011; Bøe & Henriksen, 2015; Rabe & Krey, 2018; Stokking, 2000).

## **2.4 Identitätskonstruktionen im Bereich von Naturwissenschaften und Technik**

Nachfolgend wird zunächst auf den Begriff der Identität aus der Psychologie eingegangen und deren Rolle für die Fachdidaktik in den Bereichen Naturwissenschaften und Technik erläutert. Ein Schwerpunkt

wird anschließend auf die Einordnung der professionellen Identität der Lehrperson insgesamt sowie als Teil der Lehrpersonenprofessionalisierung gelegt. Diese Gedanken führen konkludierend in die Erfassung der fachbezogenen Teilidentität Physik-Technik, anhand des Modells von Rabe und Krey (2018).

#### **2.4.1 Die Rolle der Identitätsentwicklung für die Fachdidaktik in Naturwissenschaften und Technik**

Der Begriff der Identität wird oft in der Literatur genutzt, ist aber nicht universal geklärt und wird je nach Forschungsdisziplin und -vorhaben unterschiedlich definiert (Beijaard et al., 2004). Während sich persönlichkeitspsychologische Aspekte der Identität eher an Merkmalen der Person selbst orientieren (Erikson, 1950, 1968; Marcia, 1980), nehmen Soziolog\*innen und Sozialpsycholog\*innen stärker die Umwelt und die Interaktion der Person mit ihr in den Blick (Gee, 2000; Keupp, 2002). In aktuellen fachdidaktischen Forschungen (Archer et al., 2010; Carlone et al., 2014; Hazari et al., 2010; Rabe & Krey, 2018) wird häufig eine – in Anlehnung an Gee (2000) – formulierte Annäherung des Begriffs verwendet: „Being recognized as a certain ‚kind of person‘, in a given context, is what I mean here by ‚identity““ (Gee, 2000, S. 99). Identität wird dabei „als sich potentiell verändernde Ergebnisse von Konstruktionsprozessen, die das Individuum in der Interaktion mit anderen und seiner Umwelt aktiv herstellt“ eingeordnet (Rabe & Krey, 2018, S. 204). Keupp (2002, 2008) definiert für die Identitätskonstruktion der Postmoderne das Konzept der *Patchwork-Identität* bzw. *Teilidentitäten*: Das Individuum reflektiert und integriert Selbsterfahrungen unterschiedlicher, situationaler Handlungsbereiche, wie z. B. Genderidentität, Berufsidentität bzw. Physikidentität. Diese einzelnen Teilidentitäten zeigen die vielen Facetten des individuellen Handelns einer Person auf und werden als übersituativer Rahmen versucht vom Individuum sinnhaftig zu verknüpfen. Im Fokus des internationalen Forschungsstands steht das Konstrukt der Identität bzw. der Teilidentitäten als möglicher Analyserahmen für Bildungswegentscheidungen (Archer et al., 2010; Archer

et al., 2020; Aschbacher et al., 2009; Carlone et al., 2014; DeWitt et al., 2013; Hazari et al., 2010; Hazari et al., 2013; Hazari et al., 2022; Kang et al., 2019). Bildungswegentscheidungen im MINT-Bereich, insbesondere der Physik, sind bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen problembehaftet (vgl. Einstellungen und Interessen in Kapitel 2.3). Befunde implizieren mehrfach, dass MINT-Berufsidentitäten für viele junge Menschen wenig attraktiv zu sein scheinen, insbesondere für Mädchen bzw. Frauen (Kang et al., 2019). Forschungen weisen auf den Einfluss der sozialen Akteur\*innen hin und auf die Notwendigkeit von mehr Interventionen, die u. a. den Eltern, Peers und Lehrpersonen den Wert sowie den Zweck naturwissenschaftlicher Bildung sowie mögliche MINT-Berufslaufbahnen aufzeigen und dadurch u. a. mehr direkte Ermutigung der Schüler\*innen für Naturwissenschaften und Technik sowie Freude am Lernen versprechen (Aschbacher et al., 2009). In der Fachdidaktik Naturwissenschaften und Technik im deutschsprachigen Raum sind entsprechende Studien im internationalen Vergleich noch weniger verbreitet (z. B. Bartosch, 2013; Kessels, 2015b; Rabe & Krey, 2018).

Der Identitätsarbeit im Sinne der Entwicklung einer persönlichen Identität wird im Jugendalter ein wichtiger Platz eingeräumt, da Persönlichkeits- und Berufswegentscheidungen getroffen werden. In Hinblick auf diese Spezialisierung werden in der Schulzeit durch Zu- oder Abneigung von Fachdomänen wichtige Weichen gestellt (Kang et al., 2019; Osborne et al., 2003). Auch während der späteren Berufsausbildung via Lehre oder/und Studium wird die Arbeit an der professionellen Identität als wichtiger Prozess angesehen (Beauchamp & Thomas, 2009; Beijaard et al., 2004; Brovelli et al., 2011; Chong et al., 2011; Harms & Riese, 2018). Diese geht bei vielen Menschen im Alter zwischen 18 bis 25 Jahren mit der Phase des beginnenden Erwachsenseins (engl. *Emerging Adulthood*) einher und ist von einer Vielzahl Herausforderungen, so auch mit dem Ablösen vom Elternhaus verbunden (Arnett, 2000). Gleichzeitig sind die späten Teenagerjahre bis zur Mitte der Zwanzigerjahre die Jahre mit der größten Entscheidungsfreiheit: Verantwortlichkeiten des Erwachsenendaseins (Karriere, Ehe, Elternschaft, finanzielle Unabhängigkeit) stehen dabei noch nicht im Zentrum, beeinflussen

aber Entscheidungen maßgeblich (Arnett, 2000). Bereits Erikson (1968) wies darauf hin, dass insbesondere in industrialisierten Gesellschaften die Identitätsentwicklung über die Adoleszenz hinausgeht. Keupp (2002, 2008) verwendet den Begriff der *alltäglichen Identitätsarbeit* als Hinweis dafür, dass in der postmodernen Gesellschaft die Identität als „permanente Passungsarbeit zwischen inneren und äußeren Welten“ kontinuierlich fortgeführt wird (Keupp, 2008, S. 295). Das Desiderat für mehr Forschung zur Identitätsbildung in der Phase des beginnenden Erwachsenseins wird von Arnett (2000) explizit erhoben. Entsprechend wird im nächsten Kapitel näher auf Facetten der Identitätsentwicklung als (angehende) Lehrperson eingegangen, die sich oft innerhalb dieses Spektrums des beginnenden Erwachsenseins entwickelt.

### **2.4.2 Die professionelle Identität angehender Lehrpersonen als Teil der Professionalisierung**

Analog zum allgemeinen Begriff der Identität (vgl. 2.4.1) ist die Verwendung der *Lehrpersonenidentität*, *Berufsidentität* bzw. *professionellen Identität einer Lehrperson* (engl. *professional identity*, *teachers' identity*, *teaching self*, *self-as-a-teacher*) vielschichtig und innerhalb der Literatur heterogen (Beijaard et al., 2004). Beauchamp und Thomas (2009) formulieren mögliche Zusammenhänge der unterschiedlichen Definitionen:

The literature on teaching and teacher education reveals a common notion that identity is dynamic, and that a teacher's identity shifts over time under the influence of a range of factors both internal to the individual, such as emotion (Rodgers & Scott, 2008; Van Veen & Slegers, 2006; Zembylas, 2003), and external to the individual, such as job and life experiences in particular contexts (Flores & Day, 2006; Rodgers & Scott, 2008; Sachs, 2005). These understandings about identity are helpful, yet defining the concept has often proved difficult for authors. (Beauchamp & Thomas, 2009, S. 177)

Beijaard et al. (2004) halten auf Grundlage einer Metaanalyse zur professionellen Identität einer Lehrperson anhand von 22 Studien aus den Jahren 1988 bis 2000 vier gemeinsame Faktoren fest, die in den unterschiedlichen Definitionen zu Identität zum Tragen kommen: Identität



wird als dynamischer Prozess betrachtet (a). Sie bezieht sich sowohl auf die Person mit ihren Persönlichkeitsaspekten als auch auf den jeweiligen (z. B. sozialen, fachlichen) Kontext (b). Professionelle Identität wird mehrdimensional betrachtet und in verschiedene Teilidentitäten untergliedert (c). Diese Teilidentitäten wiederum stehen jeweils in Beziehung zu einem bestimmten Kontext und können unterschiedliche Gewichtungen und Bezüge untereinander aufweisen, sich ergänzen oder in Konflikt zueinander stehen. Die Handlungsfähigkeit ist ein wichtiges Element der beruflichen Identität, was bedeutet, dass die Lehrkräfte im Prozess der beruflichen Entwicklung aktiv sein müssen (d). Dieser letzte Punkt geht mit dem Begriff der Identitätsarbeit bzw. -entwicklung einher.

Mit Blick auf das zentrale Anliegen der Lehramtsausbildung – die Professionalisierung bzw. den Aufbau professioneller Kompetenz der (angehenden) Lehrpersonen (u. a. Baumert & Kunter, 2006; Blömeke et al., 2015; Cramer, 2012; Messner & Reusser, 2000) – stellt sich die Frage, wie die Identitätsentwicklung darin verortet werden kann. In der fachbezogenen Professionsforschung finden sich unterschiedliche Vorschläge zur theoretischen Rahmung der Professionalisierung (Harms & Riese, 2018; Tardent Kuster, 2020; Terhart, 2011). Bedeutende Ausrichtungen stellen der *strukturtheoretische Ansatz* (Helsper, 2016), der *psychologisch-kompetenztheoretische Ansatz* (Baumert & Kunter, 2006) und der *berufsbiographische Professionsansatz* (Terhart, 2011) dar. In der Fachdidaktik Naturwissenschaften dient das aus dem psychologisch-kompetenztheoretischen Ansatz abgeleitete Konstrukt der professionellen Kompetenz (u. a. Baumert & Kunter, 2006) als theoretische Beschreibung der Handlungsressourcen einer Lehrperson (Harms & Riese, 2018; Tardent Kuster, 2020). Es beinhaltet kognitive sowie affektiv-motivationale Aspekte und nach Blömeke et al. (2015) ergänzend auch handlungsbezogene Facetten. Das Professionswissen als Zusammenhang von fachlichem, fachdidaktischem und pädagogischem Wissen zeigt den kognitiven Aspekt der professionellen Kompetenz auf. Überzeugungen, motivationale Orientierung und ihre Fähigkeit zur Selbstregulation verweisen auf die affektiven Aspekte (Baumert &

Kunter, 2006). Das erweiterte theoretische Modell nach Blömeke et al. (2015) definiert die professionelle Kompetenz als ein Kontinuum und verortet die kognitiven und affektiven Aspekte als Disposition, die als Voraussetzung für sogenannte situationsspezifische Fähigkeiten gilt. Diese situationsspezifischen Fähigkeiten wiederum werden in die Elemente Wahrnehmung, Interpretation und Entscheidung aufgegliedert und treten in Form von beobachtbarem Unterrichtshandeln bzw. im Rahmen der Performanz einer Lehrperson in Erscheinung (Blömeke et al., 2015). Auf Grundlage zahlreicher Studien verdichten sich die Hinweise, dass die Entwicklung der professionellen Identität während der Lehramtsausbildung entlang der Perspektiven der Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Erziehungswissenschaften erfolgt (Beijaard et al., 2000; Beijaard et al., 2004; Elsholz, 2019; Paulick et al., 2016). Die Ausbildung der Professionalisierung und die Identitätsentwicklung werden dabei als gekoppelte Prozesse betrachtet (Elsholz, 2019; Harms & Riese, 2018). Bosse (2016) vergleicht in seiner Dissertation über Professionalität fachbezogener Lehrpersonen-Identität in Bezug auf fachfremdes Unterrichten von Mathematik die beiden theoretischen Modelle der professionellen Identität und der professionellen Kompetenz und diskutiert mögliche Bezüge. In seiner theoretischen Analyse hält Bosse (2016, S. 108) fest:

Beide Ansätze gehen davon aus, dass fachbezogene Lehrer-Professionalität mehr-dimensional ist (Beauchamp & Thomas, 2009; Buchholtz, 2014). Der Unterschied zwischen ihnen besteht darin, dass beim kompetenztheoretischen Ansatz die Aufgabe des Lehrer-Seins *fragmentiert* wird (Korthagen, 2004), während sie beim identitätstheoretischen Ansatz *ganzheitlich* betrachtet wird (Grootenboer et al., 2006).

Mit Betrachtung der Professionalisierung entlang der Modellierung zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften nach psychologisch-kompetenztheoretischem Ansatz (siehe Abbildung 6) werden in der vorliegenden Arbeit das Konstrukt der professionellen Identität sowie auch daraus resultierende Teilidentitäten als erweiterter Teil der affektiv-motivationalen Domäne mit Bezügen zu den kognitiven Komponenten verortet.

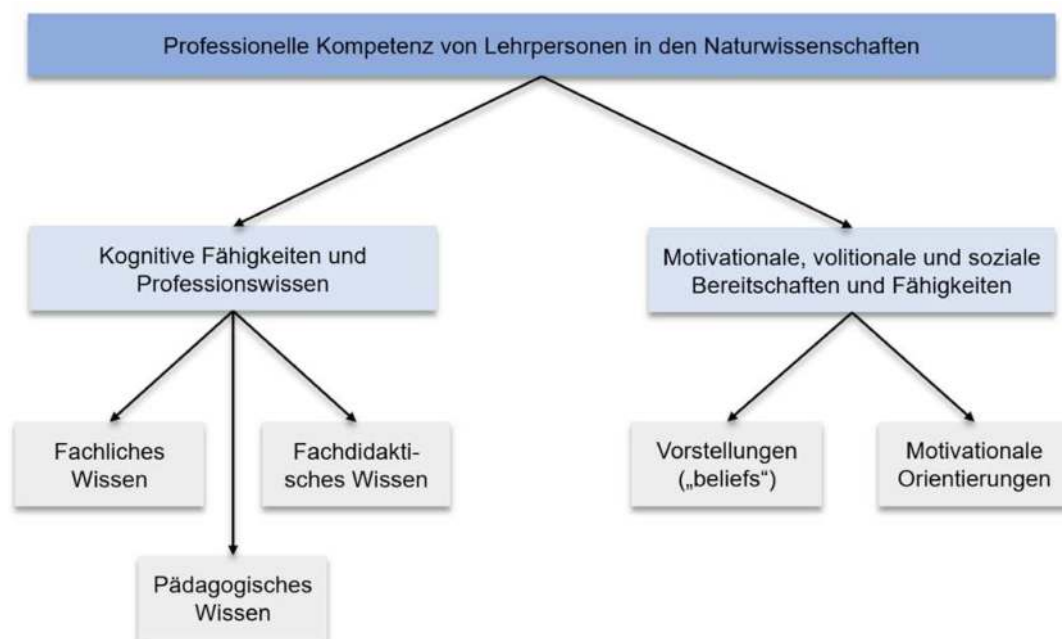


Abbildung 6: Modell zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften in Anlehnung an Weinert (2001), Baumert und Kunter (2013) (Harms & Riese, 2018)

Obwohl die berufliche Identität von angehenden Lehrpersonen persönlich ist, kann sie – im Sinne der externen Einflussfaktoren auf persönlichkeitspsychologische Konstrukte – durch Interventionen innerhalb der Lehramtsausbildung mitgeprägt werden (Chong et al., 2011). Aktuelle fachdidaktische Forschungen beziehen das Konstrukt des Zugehörigkeitsgefühls bei Identitäten mit ein, da diese beiden Theorien – auf Ebene der Zugehörigkeit als emotionale Bindung und Identifikation – miteinander verflochten sein können (Dvorakova, 2021). Als vielversprechend zeigt sich der Ansatz von Partnerschaften zwischen Studierenden und Mitarbeitenden (engl. *Students as Partners (SaP)*) als Förderung von Zugehörigkeit und Ausbildung der professionellen Identität: Initiativen mit Studierenden als Partnern zeichnen sich dadurch aus, dass sich die Kompetenzen der Studierenden als gleichwertig mit den Kompetenzen des Dozierenden bzw. wissenschaftlichen Mitarbeitenden der Hochschule positionieren. Gleichheit bedeutet dabei nicht, dass die professionellen Kompetenzen gleich sind, sondern, dass sie – unter Berücksichtigung der professionellen Wahrung – auf die gleiche

Weise geschätzt und gegenseitig anerkannt werden (Cook-Sather, 2014; Dvorakova, 2021; Healey et al., 2016). Studien implizieren, dass Studierende nach der Erfahrung einer Partnerschaft im Allgemeinen über mehr Engagement, ein stärkeres Zugehörigkeitsgefühl und ein größeres Verlangen, sich mit dem Kursmaterial, den Mitarbeitenden und ihren Kommiliton\*innen auseinanderzusetzen, verfügen (Dvorakova, 2021; Matthews, 2017). Auch wenn die Zugehörigkeit sich im Verlauf des Studiums als natürlicher Prozess hin zur jeweiligen Domäne und Hochschule verstärkt, können Initiativen mit Partnerschaften diesen Prozess beschleunigen (Dvorakova, 2021).

In der vorliegenden Arbeit wird ein Fokus auf die Identitätsentwicklung angehender Lehrpersonen für integrative Naturwissenschaften auf der Sekundarstufe I innerhalb des Fachschwerpunkts Physik und Technik gelegt. Diese fachbezogenen Teilidentitäten der Lehrperson spielen insbesondere in Hinblick auf die Lehrpersonenprofessionalisierung eine wichtige Rolle, da die im Kapitel 1 beschriebene direkte und indirekte Einflussnahme der Lehrperson auf die Schüler\*innen über die Förderung des Professionswissens und von affektiven Merkmalen (siehe Abbildung 6) positiv gestärkt werden kann (Baumert & Kunter, 2006; Bellová et al., 2021; Blömeke et al., 2015; Jarvis & Pell, 2005; Kulgemeyer & Riese, 2018; Lipowsky, 2006; Luo et al., 2022; Osborne et al., 2003; Papanastasiou & Papanastasiou, 2004; Rani, 2006; van Aalderen-Smeets et al., 2012). Studien implizieren z. B., dass Lehrpersonen mit einem positiven – im Gegensatz zu einem negativen – Fähigkeitsselbstkonzept ihre Lernenden besser motivieren können (Harms & Riese, 2018). Obschon die Lehramtsstudierenden in der vorliegenden Studie ein integratives Studium in den Naturwissenschaften (Biologie, Physik, Chemie) erfahren, konnte eine Vergleichsstudie von Brovelli et al. (2011) aufzeigen, dass Lehramtsstudierende der Sekundarstufe I sich eine höhere Berufsidentität insbesondere in fachwissenschaftlicher Ausrichtung zuschreiben als Studierende in einem disziplingetrennten Studium der Naturwissenschaften. Die Autor\*innen ziehen den Einfluss des sozialen Bezugsrahmeneffekts (Big-Fish-Little-Pond-Effekt vgl. Kapitel 2.3.3.3) als eine mögliche Erklärung heran. Die Modellierung einer fachspezi-

fischen Teilidentität soll nähere Informationen darüber liefern, welche – auf persönlichkeitspsychologische Konstrukte beruhende – Selbstzuschreibung sich Studierende in einem jeweiligen Fach geben, und ob diese z. B. abhängig von dem Geschlecht ist (vgl. Selbst-Prototyp-Abgleich in Kapitel 2.3.1.4). Da die angehenden Lehrpersonen wiederum selbst für mögliche Selbst-Prototyp-Abgleiche als Rollenmodell im Unterricht agieren, sollte deren fachspezifische Teilidentität geprüft und interventiv geformt werden. „Nur so können sie in ihrer Rolle als (erste) Repräsentant/-innen und Vermittler/-innen der Naturwissenschaften dem potenziellen naturwissenschaftlichen Nachwuchs in den Schulen auch ein authentisches Berufsbild in der Forschung und anderen Tätigkeitsfeldern von Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern vermitteln“ (Wentorf et al., 2017, S. 116).

### **2.4.3 Eine theoretische Modellierung der fachbezogenen Teilidentität in der Physikdidaktik**

Rabe und Krey (2018) erstellten auf Grundlage traditioneller Identitätstheorien aus bildungspsychologischer Sicht ein umfassendes Modell zur Identität bzw. Identitätsarbeit, das verschiedene Identitätstheorien verbindet und anknüpfungsfähig für aktuelle Forschung in der Naturwissenschaftsdidaktik ist. Das Modell baut auf dem Desiderat auf, das Verstehen möglicher Lösungsansätze bei Studien- und Berufswahl aufgrund von Identitätsarbeit aufzuschlüsseln. Gemäß der in Kapitel 2.3.4 postulierten Kritik am Erwartungs-Wert-Modell von Eccles (1983, 2005) wurde in der Annäherung an das Identitätskonstrukt Wert auf Berücksichtigung von Domäne, Sozialfaktoren, Einbettung der Prozessperspektive und möglichen Modellierungen gelegt. Der theoretische Rahmen des Identitätskonstrukts nach Rabe und Krey (2018) ist als verschachteltes Modell auf zwei Ebenen aufgebaut (siehe Abbildung 7). Den inneren Rahmen bilden persönlichkeitspsychologische Konstrukte. Hierzu werden Ein- und Vorstellungen (vgl. Kapitel 2.3.1), (individuelles) Interesse mit Tätigkeiten und Inhalten (vgl. Kapitel 2.3.2.2), (fähigkeitsbezogenes) Selbstkonzept (vgl. Kapitel 2.3.3) und Selbstwirksamkeitserwartungen

(vgl. Kapitel 2.3.3.2) in Beziehung zueinander gesetzt. „Dabei können Einstellungen und Selbstkonzept als umfassendere Konstrukte aufgefasst werden, die aber Bezüge/Schnittmengen zu Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen als den spezifischeren Konstrukten (die Selbstwirksamkeitserwartungen beziehen sich spezifisch auf Handlungen) besitzen“ (Rabe & Krey, 2018, S. 206). Der äußere Rahmen im Theoriemodell umschließt den inneren als Vervollständigung der Identität bzw. Identitätsarbeit und beinhaltet zusätzlich soziologische bzw. sozialpsychologische Konstrukte, die eine Einbettung in gesellschaftliche Zusammenhänge des Individuums verdeutlichen (siehe Abbildung 7).

Quantitative Daten können nur einen Teil des Identitätsrahmens erfassen und sollten mit qualitativen Erhebungen ergänzt werden, um ein umfassendes Bild zu erhalten: Das Erfassen von Persönlichkeitsmerkmalen und soziodemografischen Daten auf quantitativer Ebene spiegelt als Ergebnis das aktuelle Selbst wider. Dieses wiederum wird durch äußere Faktoren laufend mitgeprägt und in Form von kumulativer Identitätsarbeit (weiter-)entwickelt (Kang et al., 2019). Das Modell von Rabe und Krey (2018) lässt sowohl quantitative als auch qualitative Erhebungsaspekte zu und verbindet diese mit einem inneren Rahmen von persönlichkeitspsychologischen Aspekten und einem äußeren Rahmen mit soziologischen bzw. sozialpsychologischen Aspekten. Um die Prozesshaftigkeit der Identitätsarbeit besser erfassen zu können, ist – neben dem Modellieren von quantitativen Wirkmodellen – wünschenswert, „Bildungswegentscheidungen auch (!) aus der Perspektive von Individuen in ihrem komplexen Aushandlungscharakter qualitativ zu erfassen, so dass ein Verstehen der dahinterliegenden Prozesse erreicht wird“ (Rabe & Krey, 2018, S. 207). Die Zusammenhänge der persönlichkeitspsychologischen Konstrukte gemäß innerem Rahmen (siehe Abbildung 7) sind als Ganzes weitgehend, insbesondere auf Lehramtsstufe, zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Arbeit noch nicht empirisch geprüft. Entsprechend liegt ein Desiderat vor, den theoretischen Rahmen im empirischen Kontext zu prüfen.

Um die Identitätsarbeit der Lehramtsstudierenden im jeweiligen Fach zu unterstützen, müssen entsprechende Möglichkeiten zum Er-

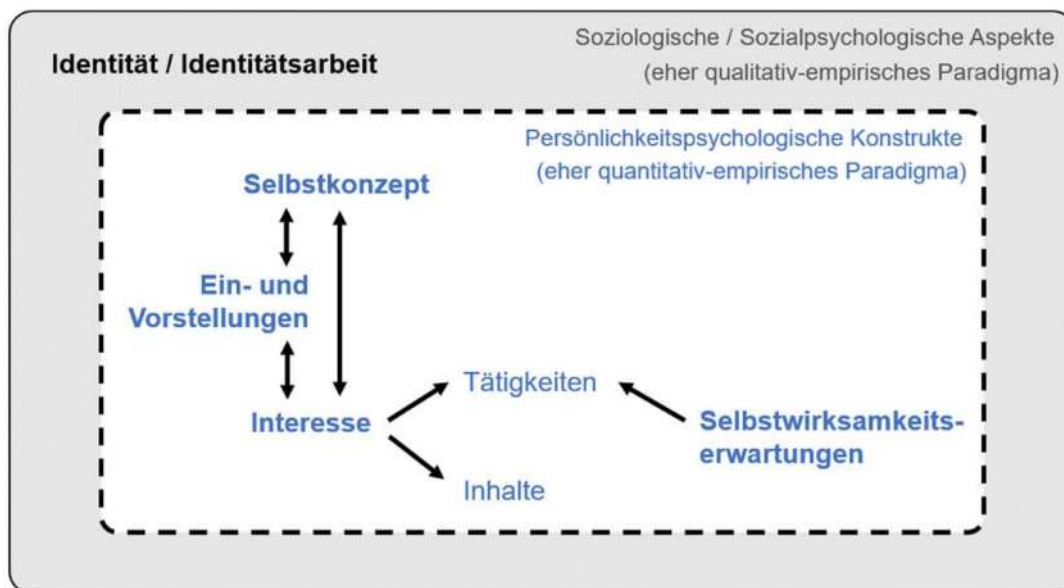


Abbildung 7: Identitätsmodell für die Physikdidaktik nach Rabe und Krey (2018)

proben geschaffen werden (Beijaard et al., 2004). Praxisphasen werden hierbei ein besonders geeigneter Stellenwert zugeschrieben, wenn die Studierenden von Dozierenden eng begleitet werden (Beauchamp & Thomas, 2009; Elsholz, 2019). Nachfolgend wird das Potenzial der Professionsentwicklung und Identitätsarbeit im Rahmen von Lehr-Lern-Labor-Seminaren beleuchtet sowie mögliche Lernwirksamkeit für Schüler\*innen.

## 2.5 Das Potenzial von Lehr-Lern-Laboren für die MINT-Bildung

Die fachdidaktische Forschung rund um das Konzept des Lehr-Lern-Labors ist verhältnismäßig noch sehr jung. Bisherige Ergebnisse von Forschungsarbeiten in diesem Bereich im deutschen Raum versprechen durch die Verbindung von Theorie und Praxis einen positiven Einfluss auf die Professionsentwicklung und die möglichen affektiven Faktoren. Im nachfolgenden Kapitel wird zunächst das Konzept des Lehr-Lern-Labors theoretisch mit Verwandtschaften zu anderen traditionellen Begrifflichkeiten dargelegt und dessen Potenzial abgeleitet. In einem

weiteren Kapitel folgen empirische Befunde sowie daraus resultierende Forschungsdesiderata für die Weiterentwicklung des noch jungen Forschungsgebiets.

### **2.5.1 Das Konzept des Lehr-Lern-Labors aus fachdidaktischer Sicht**

Das Konzept des *Lehr-Lern-Labors (LLL)* bzw. *Lehr-Lern-Labor-Seminars (LLL-Seminars)* kommt in Deutschland seit über 15 Jahren in der universitären Lehrkräftebildung für die MINT-Bildung zum Einsatz und ist konzeptionell eng mit dem Begriff des traditionellen Schüler\*innenlabors sowie der Lernwerkstätten verwandt (Brüning et al., 2020; Elsholz, 2019; Haupt et al., 2013; Rehfeldt et al., 2018). Verbreitung in neuerer Zeit fand es u. a. aufgrund des durch die Deutsche Telekom Stiftung geförderten Entwicklungsverbundes „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ (Brüning et al., 2020). Im englischsprachigen Raum wird für vergleichbare Settings des LLL-Seminars eher von *Microteaching* gesprochen (Allen & Ryan, 1974). In der Schweiz sind die Begriffe Lern- bzw. Schüler\*innenlabor, Lernwerkstätten sowie Lehr-Labor verbreitet. Konkrete Nennungen in Publikationen zu Lehr-Lern-Laboren und entsprechenden Seminaren aus der Schweiz liegen der Autorin zum Zeitpunkt der schriftlichen Aufarbeitung in nur geringem Maße vor. Es wird vermutet, dass Pädagogische Hochschulen in der Schweiz durch eine integrative Ausbildungspraxis mit kürzeren und längeren Praktikumsphasen in Praxisschulen der Zielstufe keinen Schwerpunkt auf zusätzliche Settings wie LLL legen. Durch die vielfältigen Ausprägungen und nahen Verwandtschaften ist eine konsensfähige Definition des LLL bzw. LLL-Seminars nur schwer fassbar. Breite Akzeptanz finden in der fachdidaktischen Forschung bisher nahe an der klassischen Schüler\*innenlabor-Konzeption orientierte Umschreibungen (vgl. Haupt et al., 2013; Rehfeldt et al., 2018). Brüning et al. (2020) führten von 2015 bis 2016 eine zweiteilige Expert\*innenbefragung in Deutschland durch, um den Begriff des Lehr-Lern-Labors im MINT-Bereich möglichst vollständig und konsensfähig zu beschreiben. Sie konnten dadurch aufzeigen, dass



der Begriff über das klassische Verständnis eines erweiterten Schüler\*innenlabors hinausgeht:

Lehr-Lern-Labore (LLL) sind eine spezielle Organisationsform der Lehramtsausbildung, in der Lern- bzw. Förderaktivitäten von Schülerinnen und Schülern und die berufsbezogene Qualifizierung von Lehramtsstudierenden sinnvoll miteinander verknüpft werden. Im Unterschied zu Vorlesungen, Seminaren oder Übungen in üblicher Form bieten direkte Interaktionen zwischen Studierenden und Schülerinnen und Schülern und ein vorwiegend „Forschendes Lernen“ der zukünftigen Lehrpersonen in LLL die Möglichkeit, dass Studierende in komplexitätsreduzierten Lernumgebungen – je nach Schwerpunktsetzung – auf sehr effektive Weise Handlungskompetenzen und Professionswissen erwerben, die sie in zyklischen bzw. iterativen Prozessen vertiefen und in vielfältiger Weise anwenden können. Die Verankerung der Tätigkeitsfelder der Studierenden in den Lehramtsstudienordnungen, die Leitung durch in der Lehramtsausbildung tätige Dozentinnen und Dozenten und theoriebasierte Reflexionen der Lehr-Lern-Aktivitäten in den LLL schaffen notwendige rechtliche, inhaltliche und organisatorische Rahmenbedingungen für eine effektive LLL-Arbeit. (Brüning et al., 2020, S. 23)

Zentral in diesem zyklischen Prozess ist dabei die Verknüpfung von Erlernen und Vertiefen fachwissenschaftlicher Inhalte sowie fachdidaktischer Auseinandersetzung zur adäquaten Aufbereitung, Umsetzung und Reflexion von Unterrichtsminiaturen (Elsholz, 2019). Dabei orientieren sich die Fachinhalte an den Lehrplänen der jeweiligen Zielstufe, analog zu einem Schüler\*innenlabor. Erweitert kann ein LLL auch außerhalb des räumlichen Settings einer Universität respektive Hochschule an weiteren außerschulischen Lernorten, wie Lernwerkstätten, botanische Gärten, Mediatheken oder reichhaltige Forschungslandschaften, stattfinden (Brüning et al., 2020; Rehfeldt et al., 2018). Wie bereits im letzten Kapitel abschließend aufgeführt, wird Praxisphasen hierbei ein besonders geeigneter Stellenwert zugeschrieben, wenn die Studierenden von Dozierenden eng begleitet werden (Beauchamp & Thomas, 2009; Elsholz, 2019). Weiter wird dieser Phase u. a. aufgrund des zeitlichen, räumlichen und thematisch eingegrenzten Settings eine Komplexitätsreduktion zugeschrieben (Brüning et al., 2020; Elsholz, 2019; Rehfeldt et al., 2018).

Diverse aktuelle fachdidaktische Publikationen weisen auf das Potenzial des Lehr-Lern-Labor-Seminars für die Entwicklung der Professionsentwicklung und der damit verbundenen Identitätsarbeit hin:

Durch die Verknüpfung der Förderung von Schülerinnen und Schülern mit der Ausbildung von Lehramtsstudierenden sind Lehr-Lern-Labore in den MINT-Studienfächern demgemäß als eine im Vergleich zu Vorlesungen, Seminaren oder Übungen sehr effektive Organisationsform im Hinblick auf den Erwerb von Professionskompetenzen von Lehramtsstudierenden einzuschätzen (z. B. Haupt und Hempelmann 2015; Käpnick et al. 2016; Dohrmann und Nordmeier 2018; Schmidt et al. 2011; Völker und Trefzger 2011). (Brüning et al., 2020, S. 13)

Des Weiteren ermöglicht die Verknüpfung von universitärem und schulischem Fachwissen einen adäquaten Zugang zum Erhöhen der wahrgenommenen Berufsrelevanz (Borchert et al., 2021; Lorentzen et al., 2019; Messner & Reusser, 2000). Und in Ausweitung zu einem authentischen Labor kann durch einen persönlichen Kontakt mit Wissenschaftler\*innen und ihren Forschungsthemen die fachbezogene Identifikation über die Rollenmodelle bzw. Prototypen bei (angehenden) Lehrpersonen, aber auch bei Schüler\*innen erhöht werden (Kessels, 2015b; Pawek, 2019). Durch das skizzierte Potenzial von Lehr-Lern-Laboren werden diese in den letzten Jahren vermehrt in die fachdidaktische MINT-Forschung einbezogen (Priemer, 2020). Gemäß der Begriffserhebung von Brüning et al. (2020) zeigt sich, dass beim LLL beide Gruppen – Lehramtsstudierende und Schüler\*innen – aktiv gefördert werden sollen. Dies unterscheidet sich von den eingangs erwähnten Begriffen Schüler\*innen- bzw. Lernlabor, Lernwerkstatt oder Microteaching, bei denen herkömmlicherweise jeweils die Förderung einer Personengruppe im Zentrum steht.

### **2.5.2 Empirische Befunde und Desiderate zum Setting des Lehr-Lern-Labors**

Eine Metastudie von Rehfeldt et al. (2020) anhand von 20 systematisch ausgewählten Publikationen aus dem deutschsprachigen Raum legt folgende Wirkungen des Lehr-Lern-Labor-Seminars dar: Die Studierenden scheinen im Setting des LLL-Seminars eine signifikante Steigerung des Fachwissens, des fachdidaktischen und pädagogischen Wissens zu erfahren. Diese Wissenszuwächse konnten auch in Vergleichsstudien zu anderen Settings wie z. B. Theorieseminaren

gemessen werden. Weiter konnte die Förderung von Selbstwirksamkeitserwartungen, Reflexionskompetenzen und eine Steigerung der unterrichtsspezifischen Performanz nachgewiesen werden. Bezüglich des Konstrukts der Einstellungen fanden sich in den untersuchten Studien nur mäßige Einflüsse. Mögliche Schlüsse auf die Entwicklung von Selbstkonzepten konnten aufgrund nur einer vorliegenden Studie mit noch dazu schwachem Forschungsdesign keine gezogen werden. Die Autorin der vorliegenden Arbeit weist auf eine ergänzende Studie von Elsholz (2019) hin, die im Kapitel 2.3.3.5 beschrieben wird. Rehfeldt et al. (2020) formulieren das Desiderat für weiterführende Studien zu pädagogischem Wissenserwerb, Selbstkonzepten, Einstellungen und motivationaler Orientierung. Hierzu werden starke Forschungsdesigns u. a. mit Kontrollgruppe, Längsschnittuntersuchungen, standort- und fächerübergreifende Ansätze sowie methodisch etablierte Testverfahren und Auswertungen von den Autor\*innen gefordert. Ein Analyse von Priemer (2020) baut auf einer Sichtung von rund 70 Publikationen mit Fokus erste Phase der Lehrpersonenbildung in MINT-Fächern auf, die im Jahr 2018 und früher erschienen sind. Die Ergebnisse decken sich mehrheitlich mit denen aus der Metastudie von Rehfeldt et al. (2020). Einzig die Reflexionskompetenz und deren Entwicklung im LLL der Lehramtsstudierenden in der ersten Phase ihrer Ausbildung in MINT-Fächern wird bei der Analyse von Priemer (2020) kritischer beurteilt. Zusätzlich wurde in den gesichteten Forschungsergebnissen eine positive Entwicklung von Unterrichtswahrnehmung sowie Diagnosekompetenz beschrieben. Weitere Studien weisen auf die erhöhte Relevanz der Lehre für das spätere Berufsleben hin. Priemer (2020) legt nahe, dass es sich bei der Lehr-Lern-Labor-Forschung um ein junges fachdidaktisches Gebiet handelt. Entsprechend sind Publikationen in referenzierten Zeitschriften noch rar, erste Dissertationen und diverse Tagungsbandbeiträge wurden veröffentlicht.

Die vorliegende Forschungsarbeit reiht sich mit ihren beiden Teilstudien in das Setting des Lehr-Lern-Labors bzw. Lehr-Lern-Labor-Seminars ein. Dabei legt die Teilstudie I den Fokus auf die angehenden Lehrpersonen mit Ausweitung der authentischen Laborumgebungen im

Sinne des „Lehr-Labors“. Die Teilstudie II stellt das „Lern-Labor“ ins Zentrum – mit den Schüler\*innen in einem authentischen Labor und in einer Lernwerkstatt mit authentischen Lernaufgaben. Das nachfolgende Kapitel legt den entsprechenden Forschungsrahmen einleitend dar und geht anschließend auf die aus der Theorie abgeleiteten Forschungsfragen und Hypothesen ein. Abschließend wird das Forschungsdesign der zweiteiligen Interventionsstudie vorgestellt.

### 3 Forschungsfragen und Design der Teilstudien I & II

Wie im vorangehenden Kapitel 2 beschrieben, bietet Lernen im Kontext insbesondere in den vermeintlich harten Naturwissenschaftsdisziplinen – wie z. B. Physik und Technik – das Potenzial, um Lehr- und Lernmotivation und die entsprechende Leistung über persönlichkeitsrelevante Merkmale positiv zu beeinflussen (Bennett et al., 2007; Habig, Blankenburg et al., 2018; Sevian et al., 2018; Taasobshirazi & Carr, 2008; N. Ültay & Çalık, 2012). Die Erfassung der Merkmalsausprägungen, deren interventionsbedingte Veränderungen und mögliche Zusammenhänge im Sinne einer Identitätskonstruktion können Informationen über die Wirkung der entsprechenden Lernkontexte u. a. für künftige Lehr- und Lernsituationen liefern (Archer et al., 2010; DeWitt et al., 2013; Eccles, 2009; Hazari et al., 2010; Kessels, 2015b; Köller et al., 2006; Rabe & Krey, 2018; Rehfeldt et al., 2020). Dabei stellen diese Entwicklungen besonders in Hinblick auf den möglichen Einfluss der Lehrperson und der Geschlechtsidentität für Zu- bzw. Abwendungen im Fach Physik und Technik eine wichtige Position dar (DeWitt et al., 2013; Kessels, 2015b; Markarova et al., 2019). Weitere Daten können einerseits bisherige Studien durch Replikation auf unterschiedlichen Schul- bzw. Altersstufen mit anschlussfähigen Forschungsinstrumenten stärken (Ankiewicz, 2019b; Bennett et al., 2007; Kind et al., 2007; Osborne et al., 2003; Rehfeldt et al., 2020), andererseits kann durch deren Ausrichtung auf Zusammenhänge als Identitätsentwicklung dem Desiderat eines Anschlusses an internationale Forschungen Rechnung getragen werden (Rabe & Krey, 2018). Eine Forschungslücke stellen dabei insbesondere authentische Kontexte mit physikalisch-technischem Bezug für weiterführende Schulen – wie im Lehramtsstudium – und Klassen außerhalb der Gymnasialstufe in der Sekundarstufe I dar, die über längere Zeit bearbeitet werden (Sevian et al., 2018; N. Ültay & Çalık, 2012). Die nachfolgende Abbildung 8 verortet den theoretisch-empirischen Hintergrund und die formulierten Forschungsdesiderate in den Forschungsrahmen der vorliegenden Studie zu *Authentischen Kontexten für MINT-Lernumgebungen* (AutKoM):

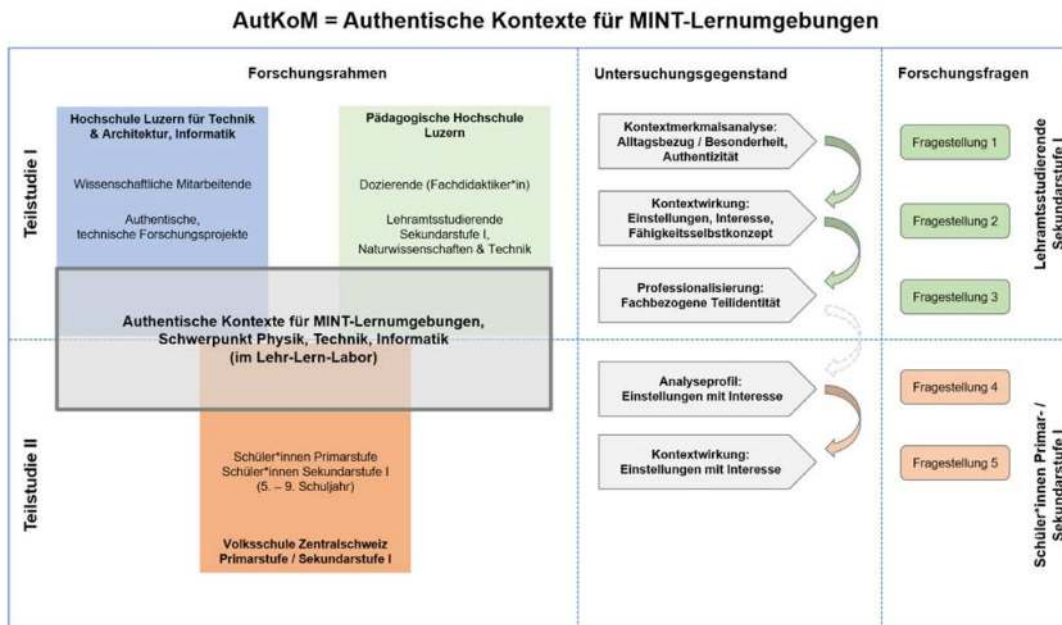


Abbildung 8: Darstellung des Forschungsrahmens der Studie Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen (AutKoM)

Die authentischen Kontexte werden im Rahmen des Lehr-Lern-Labor-Settings (vgl. Kapitel 2.5) mit Lehramtsstudierenden einer pädagogischen Hochschule und Schüler\*innen der Volksschule (5.–9. Schuljahr) anhand von Forschungsprojekten und wissenschaftlichen Mitarbeitenden einer Fachhochschule mit technischer-informatischer Ausrichtung untersucht. Die Ebene der Untersuchungsgegenstände zeigt auf, welche Analysen bei Kontexten und affektiven Merkmalen in der Teilstudie I und II für die Fachdomänen Physik, Technik sowie Informatik vorgenommen werden. Die verbindenden Pfeile sind jeweils als innerhalb der Intervention bedingtes „Beeinflussen“ in chronologischer Reihenfolge zu verstehen. Der gestrichelte Pfeil als Verbindung von Teilstudie I und II weist auf eine theoretisch und empirisch fundierte mögliche Beeinflussung der Lehrperson auf affektive Merkmale der Schüler\*innen hin (vgl. Kapitel 2). Dieser Zusammenhang wird jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht. Die fünf aus den Forschungsrahmen abgeleiteten Fragestellungen werden im anschließenden Kapitel einzeln erläutert und für die empirische Prüfung mit Hypothesen konkretisiert. Danach wird das Forschungsdesign für jede der beiden Teilstudien einzeln vorgestellt.

### 3.1 Forschungsfragen und Hypothesen der Teilstudien I & II

Im Folgenden werden die aus dem theoretisch-empirischen Hintergrund (vgl. Kapitel 2) abgeleiteten Fragen und Hypothesen in Bezug auf das oben dargelegte Forschungsdesiderat aufgeführt. Zunächst werden drei Fragestellungen mit entsprechenden Hypothesen für die Teilstudie I, anschließend die 2 Fragestellungen und Hypothesen für die Teilstudie II formuliert.

In der Teilstudie I werden folgende drei Fragestellungen empirisch aufgearbeitet:

**Forschungsfrage 1:** Wie wirken sich die Einschätzungen der Kontextmerkmale Alltagsbezug, Besonderheit und Authentizität von Kontexten aus der physikalisch-technischen Forschung auf das situationale Interesse von Lehramtsstudierenden aus? Lassen sich Unterschiede zwischen den Kontexten identifizieren?

Aus dem aktuellen Forschungsstand (vgl. Kapitel 2.2) zeichnet sich ab, dass die Charakterisierungsmerkmale von naturwissenschaftlichen Kontexten einen Einfluss auf die Interessensentwicklung haben können. Es wird erwartet, dass sich ausgewählte authentische Forschungskontexte aus der Physik und Technik hinsichtlich theoriebasierter Charakterisierungsmerkmale (Alltagsbezug, Besonderheit und Authentizität) einordnen sowie unterscheiden lassen (van Vorst, 2013; van Vorst et al., 2015). Weiter wird erwartet, dass sich durch die charakterisierten Forschungskontexte unterschiedliche, genderspezifische Ausprägungen des situationalen Interesses von Lehramtsstudierenden der Sekundarstufe I identifizieren lassen (Engeln, 2004; Habig et al., 2017; Habig, 2017; Pawek, 2009; van Vorst & Aydogmus, 2021). Ausgehend von den Befunden in der Literatur werden drei Hypothesen formuliert:

- H1: Die sechs Forschungskontexte unterscheiden sich hinsichtlich der Kontextmerkmale Alltagsbezug, Besonderheit und wahrgenommener Authentizität (van Vorst et al., 2015).

- H2: Die Ausprägungen der emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Valenzen bei Lehramtsstudierenden unterscheiden sich während des Lernprozesses signifikant zwischen den einzelnen Forschungskontexten und den Geschlechtern (Habig, 2017).
- H3: Die Kontextmerkmale Alltagsbezug, Besonderheit und wahrgenommene Authentizität korrelieren signifikant positiv mit den drei Valenzen des situationalen Interesses während des Lernprozesses (Habig, van Vorst & Sumfleth, 2018; Pawek, 2009).

**Forschungsfrage 2:** Beeinflusst das Erstellen und praktische Umsetzen einer Unterrichtsminiatur zu physikalisch-technischen Forschungsthemen das individuelle Interesse, die Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik und das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept bei Lehramtsstudierenden? Unterscheidet sich die Entwicklung der Interventions- und der Kontrollgruppe über die Zeit signifikant?

Es wird gemäß bisherigen Forschungen (vgl. Kapitel 2.2 und Kapitel 2.3) erwartet, dass sich bei der Stichprobe über den längeren Zeitraum positive Veränderungen mit genderspezifischen Effekten in den Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik und dem physikbezogenen Selbstkonzept messen lassen (Bennett et al., 2007; DeWitt et al., 2013; Elsholz, 2019; J. Möller & Trautwein, 2015; N. Ültay & Çalık, 2012). Durch das Lernen in kontextualisierter Umgebung wird zudem erwartet, dass bei den Probandinnen und Probanden ein hohes situationales Interesse während der Intervention messbar ist (Habig, 2017; Habig, Blankenburg et al., 2018; Pawek, 2009). Aufgrund der persönlichen Fächerwahl der Lehramtsstudierenden für integrative Naturwissenschaften wird bei der Stichprobe ein bereits hoher Eingangswert des individuellen Interesses erwartet, der über die Intervention hinweg – aufgrund der Schwierigkeit hin zu einer Internalisierung von individuellem Interesse – nicht verändert wird (Habig, 2017; Krapp & Prenzel, 2011). Ausgehend von den Befunden in der Literatur werden drei Hypothesen formuliert:

- H4: Es wird erwartet, dass sich bei der Interventionsgruppe positive Veränderungen der abhängigen Variablen (multivariat) mit



genderspezifischen Effekten messen lassen (Bennett et al., 2007; N. Ültay & Çalık, 2012).

- H5: Es wird erwartet, dass sich bei der Interventionsgruppe positive Veränderungen (univariat) mit genderspezifischen Effekten in den Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik und dem physikbezogenen Selbstkonzept messen lassen (Bennett et al., 2007; J. Möller & Trautwein, 2015; N. Ültay & Çalık, 2012).
- H6: Aufgrund der persönlichen Fächerwahl der Lehramtsstudierenden für Naturwissenschaften (integrativ) wird ein bereits hoher Eingangswert der Interventionsgruppe beim individuellen Interesse erwartet, der über die Intervention hinweg nicht verändert wird (Habig, 2017; Krapp & Prenzel, 2011).
- H7: Es wird erwartet, dass sich die Entwicklung der abhängigen Variablen in der Interventions- und Kontrollgruppe unterscheidet (Bennett et al., 2007; N. Ültay & Çalık, 2012).

**Forschungsfrage 3:** Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen den erhobenen Konstrukten aus F2 feststellen?

Nach dem aktuellen Forschungsstand der Naturwissenschaftsdidaktik bezüglich Identitätsarbeit bzw. Identitätskonstruktion (vgl. Kapitel 2.4) wird erwartet, dass sich aus den erhobenen Konstrukten individuelles Interesse, Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik sowie dem physikbezogenen Selbstkonzept (vgl. Kapitel 2.3) für die Stichprobe eine Modellierung der Faktoren mit Zusammenhängen und möglichen Wirkungen als fachbezogene Teilidentität für angehende Naturwissenschaftslehrpersonen in der Domäne Physik und Technik erstellen und berechnen lässt (Hazari et al., 2010; Köller et al., 2006; Rabe & Krey, 2018). Daraus resultieren die folgenden Hypothesen:

- H8: Das theoretische Modell Teilidentität für angehende Lehrpersonen für Naturwissenschaften und Technik nach Rabe und Krey (2018) kann empirisch mit einem passenden Modellfit bestätigt werden.

- H9: Das Geschlecht hat im Modell von H8 einen direkten Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse und auf das Fähigkeitsselbstkonzept (Hazari et al., 2010; Kessels, 2015b; Krapp & Prenzel, 2011; J. Möller & Trautwein, 2015).
- H10: Die Physiknote (Matura bzw. Abitur / Vorkurs) hat im Modell von H8 einen direkten Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse und auf das Fähigkeitsselbstkonzept (Köller et al., 2006; Marsh et al., 2005).

Nachfolgend werden die Fragen und Hypothesen, die im Rahmen der Teilstudie II für Schülerinnen der Primar- und Sekundarstufe I analysiert werden, vorgestellt. In der Teilstudie II werden folgende Fragen empirisch aufgearbeitet:

**Forschungsfrage 4:** Welche Einstellungen haben Schweizer Kinder und Jugendliche gegenüber Technik?

Es wird entlang der im Kapitel 2.3.1 beschriebenen theoretisch-empirischen Forschungsgrundlage erwartet, dass die Stichprobe eine spezifische Übersicht der aktuellen Einstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen gegenüber Naturwissenschaften und Technik – Schwerpunkt Technik – geben wird und die Resultate mit internationalen Studienergebnissen verglichen werden können (Ardies, Maeyer & Gijbels, 2015; Svenningsson et al., 2018). Dabei wird das in Kapitel 2.3.1 beschriebene, validierte Forschungsinstrument PATT-SQ, das auf ein multidimensionales Einstellungskonstrukt von Technik zurückgeht (de Vries, 1988), in einer deutschen Fassung verwendet. Diese Datenerhebung wird als Voraussetzung gesehen, um Informationen über die Notwendigkeit und den Nutzen von weiterführenden Fördermaßnahmen, z. B. anhand von kontextualisiertem Lernen, zu sammeln und durch internationale Studienvergleiche die länderspezifischen Ausprägungen zu prüfen. Dabei wird folgende Hypothese geprüft:

- H11: Die Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen unterscheiden sich hinsichtlich des Geschlechts

und des Alters (Güdel, 2014; Osborne et al., 2003; Svenningsson et al., 2018).

**Forschungsfrage 5:** Beeinflussen Kurzinterventionen die Einstellungen gegenüber Technik bei Schweizer Kindern und Jugendlichen?

Es soll weiterführend geprüft werden, ob bei der Stichprobe durch eine Kurzintervention mit Forschungskontexten in einem außerschulischen Lernsetting eine Einstellungsveränderung gemessen werden kann. Hierbei werden anhand des multidimensionalen Einstellungstests PATT-SQ in einzelnen Subdimensionen messbare Veränderungen erwartet (Ardies, Maeyer & Gijbels, 2015; Bennett et al., 2007; Güdel, 2014; N. Ültay & Çalık, 2012). Während Technik in einer ersten Kurzintervention aus der naturwissenschaftlichen Perspektive heraus betrachtet wird, setzt eine zweite Kurzintervention bei Technik mit Blick auf ihren Bezug zur informatischen Bildung an (vgl. Kapitel 2.1.2). Daraus resultierend wird folgende Hypothese geprüft:

- H12: In den Subdimensionen der Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen sind interventionsbedingte Änderungen nachweisbar (Ardies, Maeyer & Gijbels, 2015; Bennett et al., 2007; Güdel, 2014; N. Ültay & Çalık, 2012).

Im nächsten Schritt wird das den Forschungsfragen zugrunde liegende Forschungsdesign näher erläutert.

## 3.2 Forschungsdesign der Teilstudie I

Das Design der vorliegenden Teilstudie I ist als quasi-experimentelle Interventionsstudie mit Interventions- und Kontrollgruppe im Prä-Inter-Post-Design für quantitative Erhebungen konzipiert. Insgesamt nahmen im Zeitraum von 2017 bis 2020  $N = 176$  angehende Lehrpersonen der Sekundarstufe I mit Fächerwahl Naturwissenschaften und Technik (Interventionsgruppe  $n = 154$ , Kontrollgruppe  $n = 22$ ) der Pädagogischen Hochschule Luzern (PH Luzern) an der Studie teil. Um

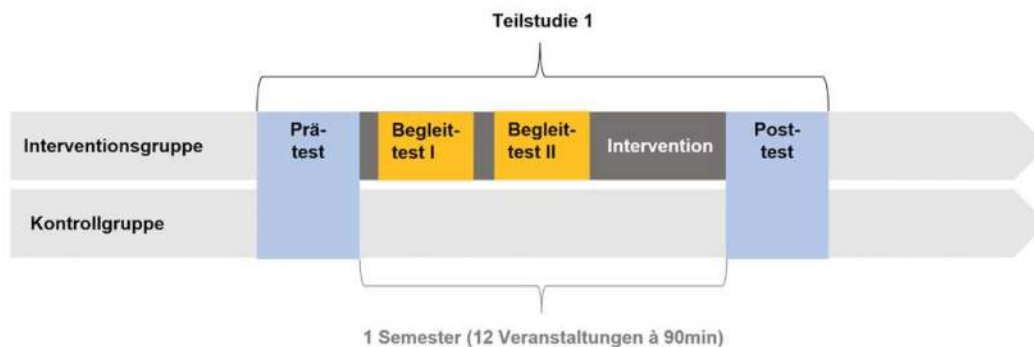


Abbildung 9: Forschungsdesign der Interventionsstudie (Teilstudie 1)

eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden die Instruktionen, die Räumlichkeiten, die involvierten Dozierenden und wissenschaftlichen Mitarbeitenden sowie der Inhalt, insbesondere die als Forschungskontext dienenden Forschungsprojekte, über alle Jahre möglichst konstant gehalten. Der Prätest wurde in der Interventions- und Kontrollgruppe vor dem ersten Modulanlass, der Posttest unmittelbar nach dem letzten Modulanlass ausgefüllt. Der zweiteilige Begleittest wurde nur von der Interventionsgruppe absolviert, während der ersten Modulveranstaltung (Begleittest I) an der PH Luzern und unmittelbar nach der dritten Modulveranstaltung – nach dem ersten Laborbesuch und der Sachanalyseaufbereitung – (Begleittest II) an der Hochschule Luzern Technik & Architektur (HSLU T&A). Die Intervention wurde im Rahmen des MINT-Förderungsprojekts PgB MINT-Bildung (vgl. Kapitel 4.1) in Kooperation mit der HSLU T&A und der PH Luzern konzipiert und jeweils im Herbstsemester in 12 Sitzungen à 90 Minuten in den Seminarräumen und Laboren der beiden Hochschulen durchgeführt. Der Aufbau der Intervention wird im Kapitel 4.2 näher erläutert. Die Abbildung 10 visualisiert das Forschungsdesign der Teilstudie I. Die Informationen zur Versuchsdurchführung der Teilstudie I sind im Kapitel 5.2 aufgeführt.

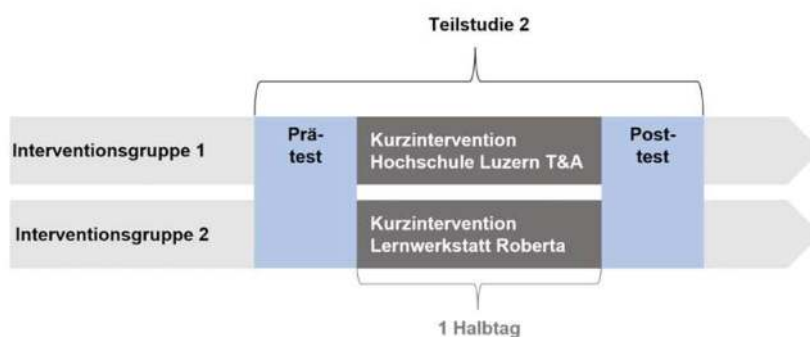


Abbildung 10: Forschungsdesign der Interventionsstudie (Teilstudie 2)

### 3.3 Forschungsdesign der Teilstudie II

Die Teilstudie II ist als eine zweiteilige Interventionsstudie mit Prä-Post-Design konzipiert. Die detaillierte Versuchsdurchführung der Teilstudie II ist im Kapitel 8.2 ersichtlich. Im Erhebungszeitraum von 2018 bis 2020 nahmen insgesamt 68 Schulklassen des 5.–9. Schuljahres mit  $N = 1\,156$  Schüler\*innen mit Einzugsgebiet Zentralschweiz sowie aus angrenzenden Kantonen teil. Der Prätest wurde in der Interventionsgruppe I und II eine Woche vor Teilnahme an der außerschulischen Aktivität im Schulzimmer ausgefüllt, der Posttest unmittelbar nach dem Besuch des außerschulischen Lernangebotes direkt vor Ort. Die Kurzintervention I wurde im Rahmen des MINT-Förderungsprojekts PgB MINT-Bildung (vgl. Kapitel 4.1) und die Kurzintervention II im Rahmen des Programms MINT-Förderung Schweiz der Akademien der Wissenschaften Schweiz in Kooperation mit der HSLU T&A und der PH Luzern geplant sowie durchgeführt. Die beiden Kurzinterventionen zu naturwissenschaftlich-technischen sowie informatisch-technischen Inhalten wurden als halbtägiges (3,5 bis 4,0 Stunden) außerschulisches Lernangebot in den Laboren der Hochschule Luzern T&A bzw. in der Lernwerkstatt an der PH Luzern angeboten. Der Aufbau der Interventionen wird in Kapitel 4.3 näher erläutert. Das Forschungsdesign der Teilstudie II wird nachfolgend in der Abbildung 10 dargestellt.



## 4 Interventionsentwicklungen der Teilstudien I & II

Die Intervention der Teilstudie I beinhaltet auf Ebene der Lehramtsstudierenden kontextualisiertes Lernen von physikalisch-technischen Konzepten und Anwendungen anhand authentischer Forschungskontexte sowie der anschließenden lehrplanrelevanten Aufbereitung einer Unterrichtsminiatur für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I. Hierbei kommt das Konzept des Lehr-Lern-Labors in Kooperation mit einer Pädagogischen Hochschule und einer technischen Fachhochschule zum Tragen. Die Intervention der Teilstudie II umfasst auf Ebene der Schüler\*innen Primar- und Sekundarstufe I kontextualisiertes Lernen von physikalisch-technischen sowie informatisch-technischen Konzepten in außerschulischen Lernumgebungen in Kooperation einer Pädagogischen Hochschule und einer technischen Fachhochschule (in Anlehnung an Lehr-Lern-Labore). Bindeglied der beiden Teilstudien stellt eine schweizweite MINT-Initiative dar, die Pädagogische Hochschulen und Fachhochschulen aus dem Bereich Technik und Informatik regional zu gemeinsamen Förderprojekten für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen unterstützt. Dieses Projekt wird im nächsten Kapitel näher beschrieben. Daraufaufgehend wird auf die Interventionsentwicklungen entlang der beiden Teilstudien der vorliegenden Arbeit eingegangen.

### 4.1 Das Projekt PgB MINT-Bildung

Im Rahmen des schweizweiten Programms *Nationales Netzwerk MINT-Bildung* (Projektphase 1: 2017–2020, Projektphase 2: 2021–2024) kooperieren pädagogische Hochschulen und technische Fachhochschulen regional und als Gesamtnetzwerk für MINT-Projekte in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. Das Programm verfolgt das Ziel, durch Bündelung des Know-hows und die Zusammenarbeit der beiden Hochschultypen einen maßgebenden Beitrag zur Förderung der

MINT-Bildung in den obligatorischen Schulstufen zu leisten und dem MINT-Fachkräftemangel entgegenzuwirken (siehe auch Projektwebseite [www.mint-bildung.ch](http://www.mint-bildung.ch)). Dabei wird bei der Förderung in der Aus- und Weiterbildung angesetzt, da Lehrpersonen durch ihre professionellen Kompetenzen direkten Einfluss auf die (künftigen) Lernenden nehmen können (vgl. Kapitel 2.4). In der Region Zentralschweiz setzen die Pädagogische Hochschule Luzern und die Hochschule Luzern mit den Departementen Technik & Architektur sowie Informatik diverse Projekte um. Dieses via projektgebundene Beiträge vom Bund geförderte Großprojekt reiht sich somit in die aktuellen Förderungsmaßnahmen ein, um die MINT-Bildung in der Schweiz zu stärken (vgl. Kapitel 2.1). Die nachfolgenden zwei Interventionsstudien sind als Teilprojekte in dieses Programm eingebettet. Für die Teilstudie II wurde eine zusätzliche Finanzierung über die Akademien der Wissenschaften Schweiz erfolgreich beantragt (vgl. Kapitel 2.1), da der Projektteil sich explizit nur auf Schüler\*innen konzentrierte und außerhalb der anderen Projektfinanzierung lag.

Die Interventionen der Teilstudie I und II werden in den folgenden Kapiteln einzeln entlang ihrer Entwicklung beschrieben.

## **4.2 Interventionsentwicklung der Teilstudie I**

Als Teil des im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Kooperationsprojekts PgB MINT-Bildung zwischen der Pädagogischen Hochschule Luzern und der Hochschule Luzern wurde in der Projektphase 1 (2017–2020) ein Projekt mit dem Titel *Kontexte aus der technischen Forschung* für angehende Lehrpersonen der Sekundarstufe I lanciert. Aus dem Desiderat des nationalen Programms und mit Fragen aus dem aktuellen fachdidaktischen Diskurs (vgl. Kapitel 2) abgeleitet, wurden folgende Ziele für die Lehramtsstudierenden aus dem Bereich Naturwissenschaften und Technik verfolgt: Anregungen zu konkreten Unterrichtsideen aus physikalisch-technischen Forschungskontexten erhalten (a), Förderung der Kompetenz zur Entwicklung lernförderlicher, lehrplanrelevanter und gendersensibler Unterrichtsarrangements zu aktuellen MINT-



Themen (b), Förderung von MINT-Interesse und -Selbstkonzept (c), Änderung der Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik (d). Hierfür wurde ein Seminar entwickelt und untersucht (vgl. Kapitel 3), auf das nachfolgend näher eingegangen wird.

Die folgende Interventionsbeschreibung basiert auf einer bereits erschienenen Publikation von Schmid et al. (2021). Das für die Teilstudie I durch die Autorin der vorliegenden Studie erarbeitete und durchgeführte Seminar für Lehramtsstudierende beschäftigte sich mit aktuellen Forschungsprojekten der Hochschule Luzern Technik & Architektur, die als authentische Kontexte für Lerninhalte im Lehramtsstudium für die Sekundarstufe I in den Naturwissenschaften eingesetzt werden können. Die Umsetzung erfolgte als Setting des Lehr-Lern-Labor-Seminars (vgl. Kapitel 2.5) im Modul *Technik und Wissenschaft im öffentlichen Raum* für Masterstudierende (7.–9. Semester) an der PH Luzern. Dabei erfassten die Studierenden die zugrunde liegenden physikalischen Konzepte und bereiteten daraus kontextualisierte Lernumgebungen mit Lehrplanbezug im Fach Natur und Technik für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I (7.–9. Schuljahr) vor. Daraus resultierten 20-minütige Unterrichtsminiaturen, die anschließend von den Lehramtsstudierenden direkt in den Laboren der Hochschule Luzern mit Schulklassen selbst durchgeführt wurden. Durch das Setting von authentischen Laborumgebungen wird diese Form des LLL-Seminars einer erweiterten Form außerhalb der Räumlichkeiten der Lehramtsausbildungsstätte zugeordnet (vgl. Kapitel 2.5). Unterstützung erhielten die Studierenden in ihrer Erarbeitung fachwissenschaftlich von wissenschaftlichen Mitarbeitenden der Hochschule Luzern T&A und fachdidaktisch von Dozierenden der PH Luzern. Im Sinne der Förderung von Reflexionskompetenzen erfolgte die Durchführung der Unterrichtsminiatur mehrfach. In der nachfolgenden Abbildung 11 ist eine Ablaufübersicht des LLL-Seminars dargestellt, die chronologisch von Punkt 1 bis 6 zu lesen ist:

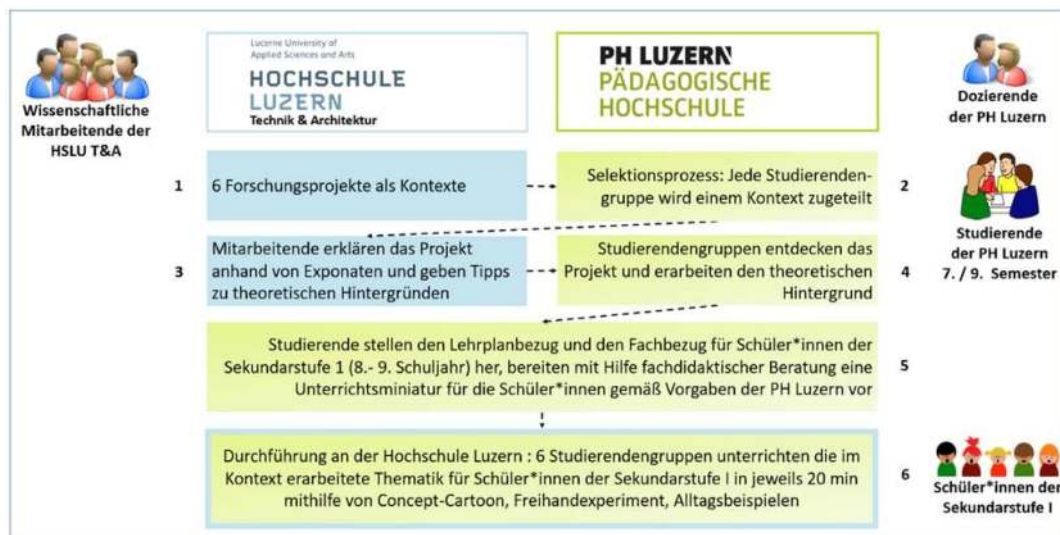


Abbildung 11: Ablaufübersicht des Seminars

Für das Seminar wurden insgesamt sechs unterschiedliche Forschungsprojekte der Hochschule Luzern T&A mit physikalisch-technischem Fachinhalt als authentische und aktuelle, besondere Kontexte mit Alltagsbezug (vgl. Kapitel 2.2) für Lerninhalte im Lehramtsstudium eingesetzt (vgl. Punkt 1 in der Abbildung 11). Die Auswahl erfolgte kooperativ zwischen den Fachdidaktiker\*innen der Pädagogischen Hochschule Luzern und der Koordinationsperson für MINT-Förderung an der Hochschule Luzern. Als Grundlage dienten die Kompetenzen für den Bereich Physik und Technik im Lehrplan 21 (D-EDK, 2016b) sowie eine Liste aktueller Projektbeschreibungen der Hochschule Luzern. Mit Berücksichtigung der Verfügbarkeiten der jeweiligen Projektmitarbeitenden und dem Bedürfnis einer möglichst breiten Abdeckung von Lehrplaninhalten entlang der drei klassischen Ingenieurdisziplinen gerecht zu werden, wurden folgende sechs Projekte ausgewählt: *Energy-Harvesting* (a), *Latentspeicher für Heiz- und Kühlanwendungen* (b), *Werkstoffprüfung in kleinen Dimensionen* (c), *Licht-Dosimeter zum Messen der Lichtintensität und deren Auswirkung auf den Melatoninspiegel* (d), *Messung von Schalleistungspegel-Werten* (e) und *Licht für gesunde und produktive Arbeitsplätze* (f). In der untenstehenden Tabelle 3 sind die in der Interventionsstudie von 2017 bis 2020 verwendeten Forschungsprojekte

Tabelle 3: Mögliche Verortung der Forschungsprojekte im Lehrplan 21\*, Natur und Technik (7.–9. Schuljahr)

<b>Forschungsprojekt der HSLU T&amp;A</b>	<b>Kompetenzbereich</b>	<b>Kompetenz</b>
Energy-Harvesting	NT.4 Energie- umwandlung analysieren und reflektieren	NT.4.1 Die Schülerinnen und Schüler können Energieformen und -umwandlungen analysieren.
Latentspeicher für Heiz- und Kühlanwendungen		NT.4.2 Die Schülerinnen und Schüler können Herausforderungen zu Speicherung, Bereitstellung und Transport von Energie beschreiben und reflektieren.
Werkstoffprüfung in kleinen Dimensionen	NT.5 Mechanische und elektrische Phä- nomene untersuchen	NT.5.1 Die Schülerinnen und Schüler können Bewegungen und Wirkungen von Kräften analysieren.
Licht-Dosimeter zum Messen der Lichtintensität und deren Auswirkung auf den Melatoninspiegel		NT.5.2 Die Schülerinnen und Schüler können Grundlagen der Elektrik verstehen und anwenden.
		NT.5.3 Die Schülerinnen und Schüler können elektrische und elektronische Schaltungen untersuchen und analysieren.
Messung von Schallleistungspegel-Werten	NT.6 Sinne und Signale erforschen	NT.6.2 Die Schülerinnen und Schüler können <i>Hören</i> und <i>Sehen</i> analysieren.
Licht für gesunde und produktive Arbeitsplätze		NT.6.2 Die Schülerinnen und Schüler können <i>Hören</i> und <i>Sehen</i> analysieren.

*Anmerkung.* \*Lehrplan 21: Für die deutsch- und mehrsprachigen Schweizer Kantone geltender Volksschullehrplan (D-EDK, 2016b)

und deren mögliche Verortung im Lehrplan 21, Fachbereich Natur und Technik (7.–9. Schuljahr), aufgeführt. Die Projektbeschreibungen wurden im Sinne einer Standardisierung als jeweils einseitige Dokumente entlang folgender Kriterien erfasst: Projektvorstellung anhand einer

konkreten Problemstellung, mindestens 1–2 Bilder zur Visualisierung sowie Bilder und Funktionsbeschreibung der Projektmitarbeitenden (vgl. Anhang A-1).

Die Lehramtsstudierenden lernten alle sechs Forschungsprojekte und den Ablauf des LLL-Seminars an der ersten Veranstaltung kennen. Nachdem sie – in Abhängigkeit von der Größe der Modulgruppe – Kleingruppen von zwei bis vier Personen mit freier Zusammensetzung gebildet hatten, wurden sie für den weiteren Semesterverlauf einem der sechs Projekte randomisiert zugeteilt (vgl. Punkt 2 in der Abbildung 11). Das Seminar wurde als Masterveranstaltung geplant, weil die Studierenden dadurch auf die im Bachelor absolvierten fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Grundlagenmodule aufbauen und eine Repetition sowie Vertiefung angehen konnten. Dabei wurden die klassischen Schritte Planung, Durchführung und Reflexion verfolgt. Folgend werden die in der Abbildung 11 aufgeführten Punkte 3 bis 6 entlang fachdidaktischer Elemente zur fachlichen Elementarisierung und didaktischen Rekonstruktion erläutert:

Das Forschungsprojekt als fachwissenschaftlicher Lernkontext wurde von den Studierendengruppen nach dem Kennenlernprozess fachlich elementarisiert (Reinhold, 2006) und nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kalcsics & Wilhelm, 2017; Kattmann et al., 1997) als 20-minütige Unterrichtsminiatur aufbereitet. Dabei standen folgende Elemente im Zentrum:

### *Fachliche Klärung*

Nach einer zweistündigen Einführung in das jeweilige Forschungsprojekt und das damit verbundene Labor durch wissenschaftliche Mitarbeitende (vgl. Punkt 3 in der Abbildung 11) erarbeiteten die Studierendengruppen eine Sachstrukturanalyse mit relevanten Fachwörtern und fachlicher Korrektheit (vgl. Punkt 4 in der Abbildung 11). Für diese Aufarbeitung nahmen die wissenschaftlichen Mitarbeitenden der Fachhochschule eine beratende Rolle ein. Zur Auswahl der relevanten Elemente und der Zielorientierung für die Sekundarstufe I wurde der

Sachinhalt von den Studierenden mit dem für die deutsch- und mehrsprachigen Schweizer Kantone geltenden Volksschullehrplan, Lehrplan 21 für das Fach Natur und Technik (D-EDK, 2016b), in Verbindung gebracht. Als weiterführendes Element der Bildungsrelevanz wurde zudem die Verortung des ausgewählten Sachinhalts in die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler realisiert (vgl. Punkt 5 in der Abbildung 11).

### *Erfassung der Schülerinnen- und Schülerperspektive*

In einem nächsten Schritt wurden aus der Literatur bekannte Schülerinnen- und Schülervorstellungen zu einem zuvor ausgewählten fachlichen Aspekt des Forschungsprojekts ermittelt (Schecker et al., 2018) (vgl. Punkt 5 in der Abbildung 11).

### *Didaktische Strukturierung*

Anschließend wurde über drei Veranstaltungen hinweg die eigentliche Unterrichtsgestaltungsplanung mit Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen für die rund 20-minütige Unterrichtsminiatur mit fachdidaktischer Beratung durch Dozierende der PH Luzern unter folgenden Bedingungen ausgearbeitet (vgl. Punkt 5 in der Abbildung 11):

- Kriterien für gendersensiblen Natur- und Technikunterricht (Amon et al., 2014; Brovelli, Schmid & Gysin, 2019) wurden im Seminar exemplarisch durch Fachdidaktiker\*innen vorgestellt und für die Planung und Durchführung durch die Studierenden miteinbezogen.
- Die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler wurden mit einem Concept-Cartoon adressiert (Naylor & Keogh, 2013).
- Eine kognitive Aktivierung durch die kontextbezogene Problemstellung und eine erste Erarbeitung eines Fachkonzepts standen im Fokus (Kalcsics & Wilhelm, 2017).
- Es wurde mindestens ein Freihandexperiment zur gewählten Thematik mit spezifischen Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler integriert (Berthold et al., 2018).

- Das jeweilige als Kontext dienende Forschungsprojekt und -labor wurde thematisiert und die Relevanz mit mindestens einem konkreten Transferbeispiel in die Lebenswelt aufgezeigt.
- Um wesentliche Aspekte zu visualisieren, wurde ein Poster oder eine Bildschirmpräsentation erstellt. Analogien (z. B. Spiralfeder für Schallausbreitung) wurden sinnstiftend eingesetzt.
- Um eine Verknüpfung zum anschließenden Regelunterricht herzustellen, wurde mindestens ein Nachbereitungsvorschlag für die Lehrkraft konzipiert.

Um die Planungsphase zu sichern, stellten die Studierenden in einer Vorpräsentation mindestens zwei anderen Kommiliton\*innengruppen sowie zwei Fachpersonen aus der PH und der Fachhochschule mit fachdidaktischem bzw. fachwissenschaftlichem Schwerpunkt ihre Planung vor und holten Rückmeldung ein.

#### *Durchführung der Unterrichtsminiatur*

Jede Gruppe führte ihre Unterrichtsminiatur abschließend an zwei Halbtagen (vgl. Punkt 6 in der Abbildung 11) jeweils mit einer bis zwei Schulklasse(n) in drei Kleingruppen aufgeteilt durch (vgl. Interventionsentwicklungen der Teilstudie II, Intervention 1 an der Hochschule Luzern T&A sowie Anhang A-2). Das dafür genutzte Setting in Anlehnung an Micro-teaching (Allen & Ryan, 1974) wird in der Literatur als besonders geeignet postuliert (Brüning et al., 2020; Elsholz, 2019; Rehfeldt et al., 2018): Es ermöglicht grundsätzlich eine Komplexitätsreduktion aufgrund von eingeschränkter Zeitdauer, reduzierter Themenauswahl sowie angepassten Räumlichkeiten und verkleinerter Gruppengröße der Schüler\*innen (vgl. Kapitel 2.5). Fachwissenschaftliche und fachdidaktische Rückmeldungen in Form von reflexiven Gesprächen erfolgten durch die am Seminar beteiligten Mitarbeitenden beider Hochschulen nach jeder Durchführung. Dies ermöglichte den Studierenden, zwischen den Präsentationen innerhalb eines Halbtages situative Anpassungen an der Unterrichtsminiatur vorzunehmen und für die darauffolgende Woche ggf. größere. Als gemeinsame Grundlage für alle Reflexionsphasen wurde ein Rückmelderaster

eingesetzt, das situationsbedingt erweitert werden konnte (vgl. Anhang A-3). Diese enge Begleitung von Fachdidaktiker\*innen der Pädagogischen Hochschule und wissenschaftlichen Mitarbeitenden der Forschungsprojekte in der Praxisphase (vgl. Kapitel 2.4) sollte die stetige professionelle Weiterentwicklung der Lehramtsstudierenden maßgeblich unterstützen. Die Prüfung der Wirksamkeit der vorgestellten Intervention erfolgte entlang der in Kapitel 3 aufgeführten Forschungsfragen.

Im nachfolgenden zweiten Interventionsteil wurde der Fokus auf die Ebene der Schüler\*innen der Volksschule (5.–9. Schuljahr) gelegt.

### **4.3 Interventionsentwicklungen der Teilstudie II**

Folgend werden die beiden Interventionen vorgestellt, die im Rahmen der Teilstudie II auf Ebene der Schüler\*innen entwickelt wurden. Während die erste Intervention als Ergänzung der in der Teilstudie I beschriebenen Interventionsentwicklung zu verstehen ist, wird die zweite einem anderen Teilprojekt aus dem nationalen Programm PgB MINT-Bildung mit zusätzlichen Bundesmitteln der Akademien der Wissenschaften Schweiz (vgl. Kapitel 4.1) zugeordnet. Für die im Kapitel 3 vorgestellte Fragestellung 4 wurden die Daten beider Interventionen in der Teilstudie II als ein Datensatz zur Analyse genutzt. Die Auswertung der Wirksamkeit erfolgte entlang der Fragestellung 5 für jede Intervention einzeln.

#### **4.3.1 Intervention 1 an der Hochschule Luzern T&A**

Diese Intervention ist aus dem Projekt *Kontexte aus der technischen Forschung* für angehende Lehrpersonen der Sekundarstufe I abgeleitet und fokussiert die Schüler\*innen während der Teilnahme an den Unterrichtsminiaturen in den Laboren an der Hochschule Luzern Technik & Architektur (vgl. Kapitel 4.2 sowie Anhang A-2). Als Ziel wurde die positive Entwicklung der technikbezogenen Einstellungen von Schüler\*innen der Sekundarstufe I innerhalb der aufbereiteten Kontexte als Element des Lehr-Lern-Labors (vgl. Kapitel 2.5) entlang von Berufswünschen, Interessen und des Abbaus allfälliger Geschlechterdifferen-

zen verfolgt (vgl. Kapitel 2.3.1.3). Die Interventionsentwicklung und Projektleitung lagen in der Hand der Autorin der vorliegenden Studie.

Pro Durchführung (4h) wurden ein bis zwei Schulklassen mit je max. 24 Schüler\*innen vom 8. bis 9. Schuljahr mit ihren Klassen- und/oder Fachlehrpersonen an einem Vormittag an die Hochschule Luzern T&A eingeladen. Als Vorbereitung wurde eine Woche vor dem Besuch der Prätest im Regelunterricht durchgeführt. Die Intervention wurde nach folgendem Ablauf durchgeführt (siehe Abbildung 12):

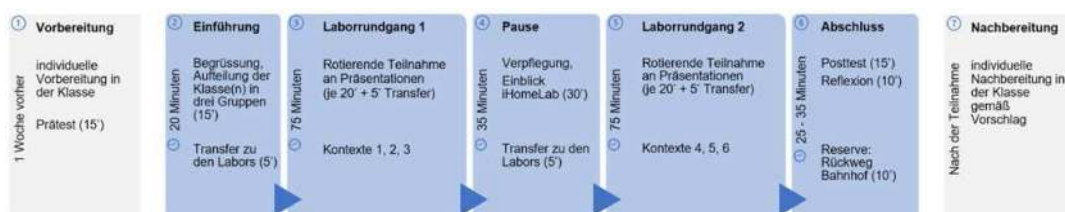


Abbildung 12: Übersicht Ablauf Intervention Schüler\*innen an der Hochschule Luzern T&A

Als Sammelpunkt für gemeinsame Phasen während des Vormittags stand das Labor für intelligentes Wohnen, das iHomeLab, zur Verfügung. Nach einer einleitenden Begrüßung durch die Modulverantwortlichen beider Hochschulen wurden die Lernenden randomisiert in drei Gruppen aufgeteilt und anschließend – von Zivildienstleistenden und der Lehrperson begleitet – zu den sechs verschiedenen Laborstationen mit den jeweils 20-minütigen Unterrichtsminiaturen geführt. Zwischen den einzelnen Laborbesuchen fanden jeweils fünf- bis zehnminütige Wechsellpausen statt. Nach der dritten Unterrichtsminiatur versammelten sich alle Schüler\*innen der teilnehmenden Schulklassen zu einer rund dreissigminütigen Pause inkl. Verpflegung und Einblick in das iHomeLab. Am Ende des Vormittags trafen alle drei Gruppen wieder beim Sammelpunkt für die gemeinsame Schlussphase (Posttest) bzw. Verabschiedung ein. Die von den Lehramtsstudierenden entwickelten Nachbereitungsvorschläge jeder Unterrichtsminiatur inkl. fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Analyse (vgl. Kapitel 4.2) wurden den Lehrpersonen ein paar Tage nach dem Besuch mit ihren Schulklassen durch die Modulleitung zugeschickt.



### 4.3.2 Intervention 2 in der Lernwerkstatt an der Pädagogischen Hochschule Luzern

Die Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“ hat ein Team der Pädagogischen Hochschule Luzern und der Hochschule Luzern – Departemente Informatik sowie Technik & Architektur – im Rahmen der Kooperation für MINT-Förderung (vgl. Kapitel 4.1) auf Basis der Roberta®-Initiative konzipiert. Die Autorin der vorliegenden Studie hat einen maßgeblichen Teil zur Entwicklung der Lernumgebung beigetragen und die Projektleitung übernommen. Finanziell wurde das Projekt durch das Förderprogramm MINT-Schweiz der Akademien der Wissenschaften Schweiz unterstützt. Analog zur Zielsetzung der Intervention 1 der Teilstudie II sollte eine positive Entwicklung der technikbezogenen Einstellungen von Schüler\*innen der Primar- und Sekundarstufe I innerhalb der Lernumgebung in der Lernwerkstatt erfolgen (vgl. Kapitel 2.3.1.3).

#### *Die Bildungsinitiative Roberta®*

Bei der vom Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS im Jahr 2002 lancierten Bildungsinitiative werden fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte für das Lehren und Lernen mit Robotern mit Schwerpunkt Informatik und Technik vereint. Dabei wird anhand von gendersensiblen Kurskonzepten, Bildungsrobotern und edukativen Programmierumgebungen das Ziel verfolgt, die Interessen von Kindern und Jugendlichen aller Geschlechter für Technik, Naturwissenschaften und Informatik zu wecken und Grundkompetenzen aufzubauen (Leimbach et al., 2019). In sogenannten Roberta®-Basis- und Experten-Schulungen werden interessierte Personen mit einem fachwissenschaftlichen und/oder pädagogischen Hintergrund von ausgewiesenen Roberta®-Coaches weitergebildet und zertifiziert. Neben dem Erlernen des basalen Umgangs mit Hard- und Software ausgewählter Bildungsroboter sowie passenden Programmierumgebungen werden auch didaktische Hinweise zur Kursgestaltung (Fraunhofer IAIS, 2019) inkl. Kriterien für gendersensiblen Natur- und Technikunterricht (Amon et al., 2014; Brovelli, Schmid & Gysin, 2019)

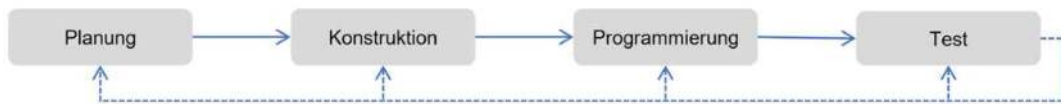


Abbildung 13: Systementwicklungsprozess im Roberta<sup>®</sup>-Konzept (Leimbach et al., 2019, S. 95)

diskutiert. Hierfür wurde, ausgehend von der Roberta<sup>®</sup>-Zentrale am Fraunhofer-Institut IAIS, ein Netzwerk mit RobertaRegioZentren in Deutschland, Österreich und der Schweiz aufgebaut und stetig weiterentwickelt. Im Rahmen der erwähnten MINT-Förderungs Kooperation (vgl. Kapitel 4.1) in der Region Zentralschweiz haben im Jahr 2019 die Pädagogische Hochschule Luzern und die Hochschule Luzern gemeinsam das RobertaRegioZentrum Luzern gegründet.

Erkenntnisse aus zwei Begleitforschungen zu Roberta<sup>®</sup> in Deutschland weisen darauf hin, dass das Kurskonzept mit geschultem Personal und Unterrichtsmaterialien den Teilnehmenden Spaß und Motivation zum weiterführenden Arbeiten an der Thematik vermittelt, insbesondere Mädchen ihr Selbstkonzept in Bezug auf Informatik und Technik nachweislich erhöhen können und das Angebot im hohen Masse weiterempfohlen wird (acatech, 2011; Hartmann & Schecker, 2015). Die Konstruktion von Robotern im Unterricht erfolgt dabei, wie in Abbildung 13 dargelegt, entlang eines vollständigen Systementwicklungsprozesses. Der Schwerpunkt von Konstruktion und Programmierung kann dabei je nach Aufgabenstellung unterschiedlich gesetzt werden (Leimbach et al., 2019).

Auf der Webseite der Roberta<sup>®</sup>-Zentrale finden sich unterstützende Begleitmaterialien, wie Aufgabenstellungen, und eine für mehrere Bildungsroboter und Microcontroller kompatible Programmierumgebung in Open Source (siehe <https://www.roberta-home.de/>). Eine Lücke findet sich im Bereich der Entwicklung von kontextualisierten, authentischen Lernumgebungen mit differenzierten Aufgabenstellungen, deren Einsatz wissenschaftlich begleitet wird.

### *Robotik als Thema und Lerngegenstand*

Robotik und das damit verbundene Konzept Physical Computing können nach aktueller fachdidaktischer Literatur in der informatischen Technik als Teil der sogenannten eingebetteten Systeme verortet werden (als Übersicht siehe Przybylla, 2018). Als Lerngegenstand und Thema wird diesen Konzepten motivationale Eignung zum Kompetenzerwerb von informatisch-technischen Kompetenzen zugeschrieben (Anwar et al., 2019; Benitti, 2012; Fislake, 2018; Leimbach et al., 2019; Przybylla, 2018; Resnick et al., 1988; Schulz et al., 2021). Einerseits können Kompetenzen bei Robotik durch die Verbindung von Hard- und Software nach dem konstruktivistischen Ansatz niveaudifferenziert sowie personalisiert an den Lerngegenständen aufgezeigt und erfahren werden. Dabei wird Wert auf den Einstieg mit einfachen hin zu komplexeren Aufgaben gelegt (Leimbach et al., 2019). Andererseits rücken gesellschaftliche Aspekte als authentische Lebensweltbezüge in den Fokus bei der kritischen Auseinandersetzung und möglichen Folgeabschätzung der Roboterentwicklung für die Bedürfnisse der Zukunft: Aspekte wie Entwerfen, Bauen und Programmieren von Robotern und der mögliche Einbezug künstlicher Intelligenz unterstützen diesen Prozess (Fislake, 2018; Resnick et al., 1988). Das aus der Softwareentwicklung adaptierte Konzept von Programmieren in Zweierteams mit klar definierten und sich abwechselnden Aufgaben, das sogenannte Pair Programming, wird für den motivierenden und kompetenzerwerbenden Zugang in der Bildung als eine besonders geeignete Form eingestuft (Katira et al., 2005; Leimbach et al., 2019; Schulz et al., 2021; Williams & Kessler, 2000). Für entsprechende Lernsequenzen haben sich in den letzten Jahren vermehrt speziell dafür entwickelte Bildungsroboter und Mikrokontroller und pädagogische Programmiersprachen sowie -umgebungen verbreitet (Anwar et al., 2019; Peters et al., 2018). Definitionen rund um den Begriff Robotik fallen je nach Literatur sehr unterschiedlich aus. Für die vorliegende Arbeit wird folgende Definition in Anlehnung an Grimble et al. (2009) verwendet:

In fact, *robotics* is commonly defined as the science studying the *intelligent connection between perception and action*. ...The essential component of a robot is the *mechanical system* endowed, in general, with a locomotion apparatus

(wheels, crawlers, mechanical legs) and a manipulation apparatus (mechanical arms, end-effectors, artificial hands). ... The concept of such a system refers to the context of *motion control*, dealing with *servomotors*, *drives* and *transmissions*. The capability for perception is entrusted to a *sensory system* which can acquire data on the internal status of the mechanical system (*proprioceptive sensors*, such as position transducers) as well as on the external status of the environment (*exteroceptive sensors*, such as force sensors and cameras). The realization of such a system refers to the context of materials properties, signal conditioning, data processing, and information retrieval. (Grimble et al., 2009, S. 3)

Wesentliche Bestandteile stellen gemäß der Definition Aktoren, Sensoren, Prozessor, Speicher, Energieversorgung, Kommunikationselemente und Programme in Form von lauffähigen Algorithmen dar. Roboter werden mit dem Hauptziel konstruiert und programmiert, um Menschen bei bestimmten Aufgaben mit körperlicher Aktivität zu unterstützen oder gar zu ersetzen (Grimble et al., 2009).

#### *Lernroboter, Programmierumgebung und Aufgabenentwicklung*

Für die Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“ wurden im Jahr 2020 neben dem Setting der Zukunftsstadt vier authentische, kontextualisierte Lernaufgaben für die obere Primar- und ganze Sekundarstufe I (5. bis 9. Schuljahr) entwickelt. Als Robotermodell wurde der von der Roberta®-Initiative und für sonstige Lernaktivitäten weit verbreitete LEGO Mindstorms EV3 mit der nativen Programmierumgebung LEGO Mindstorms Education gewählt. Gemäß der integrativen Verortung von Technik im Lehrplan 21 (D-EDK, 2016c) wurden Kompetenzen aus den Fachbereichen Medien und Informatik (MI.2.2), Natur und Technik beziehungsweise Natur, Mensch, Gesellschaft (NT.1.2 und NMG.5.3) sowie Technisches und Textiles Gestalten (TTG.3.A.2) gewählt (vgl. Kapitel 2.1.2).

Für die Ausarbeitung der Lernumgebung wurden innerhalb der geeigneten Thematik Stadt der Zukunft (Fislake, 2018) Problemstellungen gesucht. Die Auswahl geeigneter Aufgaben aus der Robotik erfolgte aufgrund von Einschätzungen der Mitarbeitenden der Hochschule Luzern. Sie deklarierten Bereiche der Roboterentwicklung, die in ihrer Forschungstätigkeit oder derjenigen von anderen Kolleg\*innen als ak-

tuell und relevant für die Bedürfnisse der Zukunft eingeschätzt wurden. Die folgende Tabelle gibt eine entsprechende Übersicht zu den Problemstellungen, den eingesetzten Aktoren und Sensoren sowie dem daraus von Fachdidaktiker\*innen Medien und Informatik an der PH Luzern abgeleiteten Schwierigkeitsgrad:

Tabelle 4: Übersicht der Aufgabenstellungen für die Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“

<b>Problemstellung</b>	<b>Aktoren und Sensoren</b>	<b>Schwierigkeitsgrad</b>
Wie kann ein Unterhaltungsroboter designt und programmiert werden?	Displayanzeige, Statusleuchte, Standardsteuerung, Sound	1
Wie kann ein autonomes Fahrzeug für die Stadt der Zukunft programmiert werden?	Standardsteuerung, Licht- / Farbsensor	2
Wie kann ein Wachhund-Roboter für ein Haus programmiert werden?	Sound, Ultraschallsensor, Standardsteuerung	2
Wie kann ein Industrieroboter zum Sortieren programmiert werden?	Standardsteuerung, Berührungssensor, Greifarmsteuerung, Licht- / Farbsensor	3

*Anmerkung.* Schwierigkeitsgrad 1 = einfach, 2 = mittel, 3 = schwierig. Die für die Problemlösung zu verwendenden Aktoren und Sensoren werden entlang der Teilproblemstellungen in auftretender Reihenfolge aufgeführt.

Diese Themen greifen insbesondere Aspekte der Informatik, Technik, Biologie sowie Mensch und Umwelt auf und werden insgesamt potenziell als für alle Geschlechter relevant und interessant betrachtet (vgl. Kapitel 2.3.2.2). Ergänzend beinhalten die Problemstellungen zusätzlich zur Programmierung und Konstruktion insbesondere beim Unterhaltungsroboter eine erweiterte Kreativität beim Designen. Bezüglich der Komplexität wurde darauf geachtet, dass jeder Problemstellung – neben dem Ansteuern der Standardbewegung – nur eine bestimmte Anzahl Sensoren und Aktoren zugeordnet wurde, die einzeln eingeführt werden. Jede dieser vier problembasierten Aufgabenstellungen wurden als Aufgabenset mit einer Haupt- und vier Teilaufgabenstellungen zum Erwerben der Grund-

kompetenzen konzipiert. Die erste Karte eines Sets gibt einen Überblick zur Hauptproblemstellung und den aufeinander aufbauenden Teilaufgaben (z. B. *Wie kann ein autonomes Fahrzeug für die Stadt der Zukunft programmiert werden?*). Die vier Teilaufgaben wiederum setzen sich aus einer Aufgabenübersicht auf der Vorderseite und möglichen, kommentierten Lösungsschritten auf der Rückseite zusammen (z. B. *Roberta soll möglichst genau einen Meter vorwärtsfahren; Roberta soll anhalten, sobald sie über eine schwarze Linie fährt*). Diesbezüglich wurde ein Fokus auf mediale Hilfestellungen gelegt. Mögliche Lösungswege der Hauptaufgabe müssen als Synthese bzw. naher Transfer anschließend selbstständig – mit Option auf zusätzliche personale Unterstützung – entwickelt werden. Des Weiteren wurde jede Aufgabenstellung mit Zusatzinformationen über die Thematik aus der Technoscope-Reihe der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften SATW (<https://www.satw.ch/de/technik-bildung/technoscope/>) angereichert. Das Konzept der Haupt- und Teilaufgabenstellungen wurde von der Fachschaft Medien und Informatik an der PH Luzern bereits im Frühling 2019 in einem vergleichbaren Setting getestet. Dieser Aufbau zeichnet sich mit den medialen Hilfestellungen als ein geeignetes Format für selbstständiges Arbeiten mit unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen aus. Während leistungsstarke Schüler\*innen möglichst lange ohne Lösungshilfen auf der Rückseite arbeiten können, werden leistungsschwächeren Schüler\*innen mit dem kommentierten Lösungsweg motivierende Erfolgserlebnisse ermöglicht. Die Hauptaufgabenstellung zum Schluss jedes Sets wird bewusst ohne weitere mediale Lösungshilfen erarbeitet, um mögliche minimalistische Lernansätze abzufangen.

Für die Lernumgebung wurden des Weiteren eine auf die Aufgabe abgestimmte Bodenspielmatte und Stadtelemente entwickelt (siehe Abbildung 14). Die vier Aufgabensets, Druckvorlagen für die Bodenspielmatte sowie eine Vorlage für ein Lerntagebuch wurden im November 2020 auf der Plattform Roteco ([www.roteco.ch](http://www.roteco.ch)) und der Projektwebseite des RobertaRegioZentrums Luzern (<https://www.rrz-luzern.ch/unterricht/unterrichtsmaterial/zyklus-3.html>) veröffentlicht und so für den Unterrichtseinsatz frei zur Verfügung gestellt.



Abbildung 14: Einblick in den Betrieb der Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“ (Herbst 2020, PH Luzern)

### *Konzeption und Ablauf der Lernumgebung*

Durchgeführt wurde die Intervention in den Räumlichkeiten der Lernwerkstatt an der Pädagogischen Hochschule Luzern. Die Lernwerkstatt der Pädagogischen Hochschule Luzern als außerschulischer Lernort ist konzeptionell verankert. Im Semestertakt werden wechselnde Angebote für Schulklassen konzipiert und aufgebaut. In der Regel werden diese Angebote durch Dozierende und Studierende gemeinsam entwickelt und von interessierten Schulklassen und Lehrpersonen besucht und evaluiert. Damit wird der Fokus auf die Schüler\*innen gelegt, die innerhalb des Lehr-Lern-Labor-Settings arbeiten. Die Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“ war für jeweils eine Schulklasse mit max. 24 Schüler\*innen ausgerichtet und dauerte einen Halbttag (3,5 h). Jede Klasse wurde von einer Kursleitung und einer Assistenz eingeführt und begleitet. Die Halbtageskurse in der Lernwerkstatt wurden von zertifizierten Roberta®-Teachers und Roberta®-Coaches beider Hochschulen des RobertaRegioZentrums Luzern geleitet. Als Assistenz wirkten Lehramtsstudierende der Pädagogischen Hochschule

Luzern, Informatikstudierende der Hochschule Luzern und Studierende des Masterstudiengangs Fachdidaktik Medien und Informatik mit, die im Sinne des Lehr-Lern-Labor-Settings ihre Professionskompetenzen erweitern konnten. Die Kursleitenden und Assistenzen nahmen alle an einer Einführung (2,5 h) teil und erhielten zum Zwecke der besseren Vergleichbarkeit sowie situativen Klärung der Abläufe eine schriftliche Zusammenfassung in Form eines Manuals.

Die nachfolgende Grafik zeigt den geplanten Ablauf der Intervention auf (siehe Abbildung 15):

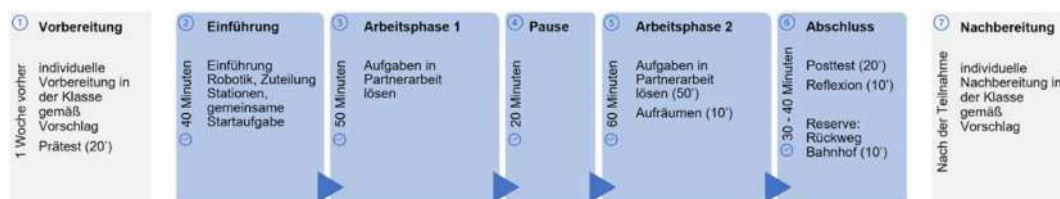


Abbildung 15: Übersicht Ablauf Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“

Als Vorbereitung wurde eine Woche vor dem Besuch der Lernumgebung der Prätest im Regelunterricht durchgeführt. Der Halbtage in der Lernumgebung startete mit einer gemeinsamen Einführung zum Thema Stadt der Zukunft. Anhand des Videos der *Woven City* von Toyota (siehe *Toyota's Woven City: a Prototype City of the Future* auf YouTube) wurden die Schüler\*innen in die Thematik eingeführt und sollten sich alle im Video zu erkennenden Roboter merken. Die Antworten wurden im Plenum gesammelt und alle Einsatzmöglichkeiten und Funktionsweisen anhand von Bildauszügen aus dem Video kurz besprochen. Entlang der zu identifizierenden Robotermodelle – wie autonome Fahrzeuge, Drohnen, Serviceroboter für den Haushalt – wurden die wesentlichen Bestandteile eines Roboters eingeführt. Für die Lernumgebung wurden die Begriffe Aktor, Sensor, Prozessor, Kommunikation, Energieversorgung und Programm ausgewählt. Anschließend erfolgte die Überleitung in die Praxisphase mit einem kurzen Video zu den nachfolgenden Aufgabestellungen: Jede Aufgabe wurde mit Titel, einem Ausschnitt zu einem



Robotermodell aus dem Alltags- bzw. Arbeitsbereich (z. B. Tesla als autonom fahrendes Auto) sowie einem Einblick in die Modellierung mit dem Bildungsroboter LEGO Mindstorms EV3 vorgestellt. Danach wechselten die Lernenden an die Arbeitsstationen in der Lernumgebung. Jede der 12 Arbeitsstationen war für jeweils ein Zweierteam ausgerichtet und beinhaltete: einen Laptop, eine Computermaus, einen Roboter LEGO Mindstorms EV3, ein Verbindungskabel Roboter-Computer, eine Hilfestellung zur Programmierumgebung und ein Startaufgabenpaket. Die weiteren Aufgabenkartensets und Zusatzmaterialien waren für alle zugänglich an der Seite in Regalen deponiert. Nach einer durch die Kursleitung strukturierten Einführung in die Arbeitsweise des Pair Programming, der Bedienung des Roboters und der Programmierumgebung entlang einer gemeinsamen Startaufgabe folgte eine eigenständige Arbeitsphase der Teams. Während des Halbtages wurde an einzelnen Arbeitsstationen bis zur Pause eine parallel laufende Videostudie zu gendersensiblen Programmierunterricht, Schwerpunkt Pair-Programming, durchgeführt (Küng, 2021). Die Klassenlehrperson erhielt im Vorfeld den Auftrag, die Schüler\*innen in Zweierteam aufzuteilen. Dabei sollten sowohl geschlechtshomogene als auch geschlechtsheterogene Paare gebildet werden, die bezüglich Leistungsstärke und Programmierkenntnisse möglichst homogen seien. Weiter sollten die Paare weder zu gut befreundet noch zerstritten sein und nicht mehr als ein Jahr Altersunterschied aufweisen. Zur Vergleichbarkeit der parallel laufenden Videostudie starteten alle Gruppen mit der Problemstellung zum autonom fahrenden Fahrzeug. Die Schüler\*innen konnten für die weitere Lernphase frei zwischen den Problemstellungen mit Schwierigkeitsgrad 1 oder 2 wählen. Die Aufgabe zum Industrieroboter wurde wegen des erhöhten Schwierigkeitsgrades als Zusatzaufgabe deklariert. Der Arbeitsprozess im individuellen Lern- und Arbeitstempo wurde durch eine Pause unterbrochen und anschließend wieder fortgesetzt. Personelle Unterstützung erfolgte während des Prozesses durch die Kursleitung und Assistenz. Die Lehrperson nahm aufgrund der parallel laufenden Videostudie bis zur Pause nur eine beobachtende Rolle ein und durfte die Lernenden danach zusätzlich unterstützen. 30 Minuten vor Abschluss des Halbtages wurde

der Posttest der vorliegenden Studie durchgeführt und eine Reflexion anhand eines fragegeleiteten Lerntagebuchs in den Teams initiiert. Die Resultate aus den Gruppen wurden abschließend im Plenum gesammelt und als Synthese mit einem Ausblick in die Stadt der Zukunft situiert. Den Lehrpersonen wurden als ergänzendes Angebot via Webseite der Lernwerkstatt vor- und nachbereitende Aufgabenmöglichkeiten sowie Informationen zu weiterführenden Angeboten und der Ausleihe von Robotik-Materialien für den Schulunterricht zur Verfügung gestellt.

Nachfolgend wird die im Kapitel 4.2 vorgestellte Intervention der Teilstudie I weiter ausgeführt. Es folgen entsprechende Kapitel zum Methodenteil, den Ergebnissen und zu der daraus resultierenden Diskussion.

## 5 Methode zur Teilstudie I

Dieses Kapitel beschreibt das methodische Vorgehen zum Beantworten der in Kapitel 3.1 aufgeführten Forschungsfragen und Überprüfen der Hypothesen der ersten Teilstudie in den Teilkapiteln Stichprobe, Durchführung, Erhebungsinstrumente und Auswertungsmethoden.

### 5.1 Stichprobe

Die Interventionsgruppe setzte sich aus Lehramtsstudierenden mit Fächerwahl Naturwissenschaften und Technik für die Sekundarstufe I an der Pädagogischen Hochschule Luzern zusammen. Das integrative Fach beinhaltet Biologie, Physik, Technik und Chemie sowohl mit fachwissenschaftlichen wie auch fachdidaktischen Inhalten. Die Proband\*innen befanden sich in den Mastersemestern (7.–9. Semester) und absolvierten das Modul „Technik und Wissenschaft im öffentlichen Raum“ an der PH Luzern in Kooperation mit der Hochschule Luzern Technik & Architektur (vgl. Kapitel 4.2). Die Studierenden verfügten durch den integrativen Studienaufbau bereits über Praktikumserfahrung auf der Sekundarstufe I in den vier gewählten Schwerpunktfächern aus den Halbtages- und Wochenpraktika von insgesamt mindestens 12 Wochen bzw. 20 ECTS. Das Einzugsgebiet der Student\*innen an der PH Luzern (2 288 Studierende im Jahr 2020 entsprechen 100 %) erstreckt sich über die ganze Schweiz mit Schwerpunkt Zentralschweiz (66,2 % im Jahr 2020), einem relevanten Anteil der Nordwestschweiz (11,8 % im Jahr 2020) und einem kleinen Anteil an Studierenden aus dem Ausland (1 % im Jahr 2020) (Pädagogische Hochschule Luzern [PH Luzern], 2021). Der Erhebungszeitraum erstreckte sich von 2017 bis 2020, wobei die Datenerhebung jährlich jeweils im oben genannten Modul während des Herbstsemesters mit 30 bis 45 Studierenden durchgeführt wurde. Alle Student\*innen wurden im Rahmen der Modulveranstaltungen zur Teilnahme aufgefordert – Abbrüche wurden akzeptiert –, während ihnen ein persönliches Entwicklungsmonitoring der affektiven Merkmale im Längsschnitt sowie die aktive Mitwirkung bei einer qualitativ wertvollen

Modulentwicklung in Aussicht gestellt wurde. Insgesamt wurden  $N = 154$  Student\*innen befragt (50,6 % weiblich), die sich im Alter zwischen 21 und 47 Jahren befanden ( $M = 24.88$ ,  $SD = 3.49$ ). Zwischen den Erhebungszeitpunkten schwankte die Anzahl aufgrund von einzelnen Modulabsenzen oder Studienabbrüchen. Insgesamt  $N = 149$  bzw. 96,75 % der befragten Student\*innen nahmen für den Längsschnitt zu den beiden Messzeitpunkten Prä und Post an der Befragung teil und  $N = 154$  bzw. 100 % zum Zeitpunkt des Begleittests I sowie  $N = 91$  bzw. 59 % zum Zeitpunkt des Begleittests II.  $N = 5$  unvollständige Datensätze wurden bei Analysen einzelner Messpunkte miteinbezogen (paarweiser Fallausschluss), in Längsschnittanalysen jedoch ausgeschlossen (Listenweiser Fallausschluss). Für den Begleittest II wurden nur Daten aus 2018 bis 2020 berücksichtigt, da nach der Pilotdurchführung 2017 Anpassungen im Fragebogenkonstrukt des entsprechenden Begleittests vorgenommen werden mussten.

Die Kontrollgruppe bestand aus Lehramtsstudierenden mit Fächerwahl Naturwissenschaften und Technik für die Sekundarstufe I an der PH Luzern. Die an der Studie teilgenommenen Studierenden der Kontrollgruppe  $N = 22$  (50 % weiblich) waren zwischen 20 und 39 Jahre alt ( $M = 25.27$ ,  $SD = 4.65$ ). Die Erhebung wurde in den Jahren 2017 und 2020 im Herbstsemester durchgeführt. Die Proband\*innen studierten im 5. bis 9. Semester an der PH Luzern und absolvierten alle Module aus dem Fachbereich Naturwissenschaften und Technik außer das Interventionsmodul „Technik und Wissenschaft im öffentlichen Raum“. Da es sich beim oben genannten Modul um ein sogenanntes Synergiemodul handelt, musste dies von einzelnen Studierenden mit der Fächerwahl Naturwissenschaften und Technik sowie Geografie und Geschichte nicht absolviert werden. Diese Studierenden schrieben sich für ein anderes Synergiemodul in Geografie und Geschichte ein. Die Teilnahme beruhte auf Freiwilligkeit, wobei den rund 40 angefragten Personen in Aussicht gestellt wurde, dass sie bei Teilnahme die Qualität der Modul- bzw. Fachentwicklung unterstützen würden. Insgesamt  $N = 22$  bzw. 100 % der Teilnehmenden gaben für den Längsschnitt zu den beiden Messzeitpunkten Prä und Post Rückmeldungen ab.

Nachfolgend sind in der Tabelle 5 die soziodemografischen Daten für die Interventions- und Kontrollgruppe aufgeführt.

Tabelle 5: Soziodemografische Angaben der Lehramtsstudierenden in der Interventions- und Kontrollgruppe

Stichprobe	Geschlecht		Alter		Note Physik Abitur / PH- Vorkurs*	
	N	% weiblich	M	SD	M	SD
Interventionsgruppe	154	50,6%	24.88	3.49	4.87	0.62
Kontrollgruppe	22	50,0%	25.27	4.65	4.76	0.66

Anmerkung. \* Wertebereich: 1–6. Höhere Werte entsprechen besseren Noten.

## 5.2 Durchführung der Teilstudie

Die Erhebung der Daten erfolgte zu allen Messzeitpunkten im Paper-Pencil-Format. Die Testleiterin stand während der Bearbeitung für Fragen physisch oder digital zur Verfügung, wobei keine Items inhaltlich erklärt wurden. Jeder Fragebogen beinhaltete zu Beginn eine kurze standardisierte Instruktion mit Erklärungen zur Studie, zum Vorgehen und der Wahrung der Anonymität sowie die Erstellung eines gleichbleibenden anonymen Codes, um im Anschluss die Fragebogen aller Messzeitpunkte den jeweiligen Versuchspersonen zuordnen zu können. Als Vorbereitung auf die erste Modulveranstaltung wurde den Student\*innen via Mail der Prä-Fragebogen als PDF zugestellt mit der Bitte, diesen ausgedruckt und ausgefüllt zur ersten Modulveranstaltung mitzubringen. Als Reserve wurden einzelne ausgedruckte Exemplare für die Startveranstaltung bereitgehalten, um den Test vor Ort auszufüllen. Der Posttest wurde den Studierenden in ausgedruckter Form zum Abschluss der letzten Modulveranstaltung von der Testleiterin bzw. dem Testleiter abgegeben, sodass dieser vor Ort ausgefüllt und abgegeben werden konnte. Auf Wunsch von einzelnen Studierenden wurde in der Interventions- und Kontrollgruppe eine digitale Form des Post-Fragebogens als PDF zur Verfügung gestellt, der anschließend anonymisiert

der Testleitung zugestellt wurde. Sowohl der Prä- als auch der Post-Test nahmen jeweils 15 bis 20 Minuten Zeit in Anspruch.

Der Begleittest I zur Einschätzung der Kontextmerkmale Alltagsbezug und Besonderheit innerhalb der Interventionsgruppe erfolgte nach einer Einführung in die Modulinhalte und einer Instruktion zum Fragebogen während der ersten Modulveranstaltung an der PH Luzern. Die Instruktion wurde immer von derselben Testleiterin durchgeführt. Die Proband\*innen erhielten sechs verschiedene Projektbeschreibungen, die sie als Lernkontexte einschätzen sollten (vgl. Kapitel 4.2). Um eventuelle Reihenfolgeeffekte zu vermeiden, wurden beim Einschätzen der Kontextmerkmale Alltagsbezug und Besonderheit drei verschiedene Fragebogenvarianten eingesetzt. Die Bearbeitungszeit wurde auf 45 bis 60 Minuten festgelegt, wobei in allen Gruppen bei Bedarf mehr Zeit gewährt wurde.

Der Begleittest II zur Einschätzung des situationalen Interesses und der Authentizität erfolgte in der Interventionsgruppe nach einer Instruktion durch die Testleiterin unmittelbar nach Absolvierung der dritten Modulveranstaltung an der Hochschule Luzern T&A (vgl. Kapitel 4.2). Zu diesem Zeitpunkt arbeiteten die Lehramtsstudierenden in den an der ersten Modulveranstaltung frei gewählten 2er- bis 4er-Gruppen an einem randomisiert zugeteilten Lernkontext. Die Student\*innen füllten den Fragebogen nur für den ihnen zugeteilten Lernkontext aus. Die Bearbeitungszeit nahm 5–10 Minuten in Anspruch. Aufgrund einer Anpassung der Testitems nach der Pilotdurchführung im Jahr 2017 konnten nur Daten aus den Jahren 2018 bis 2020 in die Analyse miteinbezogen werden ( $N = 91$  von total  $N = 154$ ).

In der Abbildung 16 sind die einzelnen Messzeitpunkte mit den erhobenen Konstrukten für die Interventionsgruppe und in der Abbildung 17 für die Kontrollgruppe aufgeführt. Die Einhaltung der pandemiebedingten Schutzmaßnahmen war im Jahr 2020 über den gesamten Erhebungszeitraum hinweg gewährleistet.

Die Urlisten der Daten für Längsschnitt und Begleittests wurden durch die Versuchsleiterin im Anschluss an die Befragungen jährlich in einem Tabellenkalkulationsprogramm als CSV-Dateien nach do-

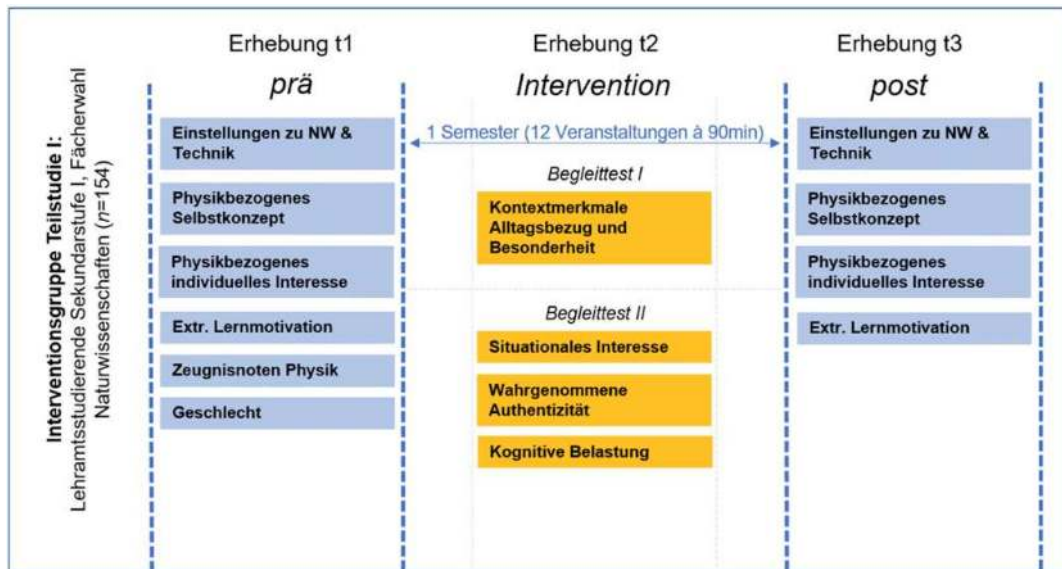


Abbildung 16: Messzeitpunkte und erhobene Konstrukte Interventionsgruppe Teilstudie I



Abbildung 17: Messzeitpunkte und erhobene Konstrukte Kontrollgruppe Teilstudie I

kumentiertem Vorgehen erfasst und zusammengeführt, um die Daten anschließend in SPSS und R Studio weiterzuverarbeiten. Eine zusätzliche Sichtung erfolgte mit Plausibilitätskontrollen und Bereinigung der Daten, um mögliche Falscheingaben identifizieren zu können.

### 5.3 Erhebungsinstrumente

Für die quantitative Datenerhebung wurden Erhebungsinstrumente für drei Messzeitpunkte entwickelt, wobei sich der Fragebogen der Prä- und Postzeitmessung nur durch die zusätzliche Erhebung von soziodemografischen Daten unterscheidet. Folgend werden die in der vorliegenden Arbeit eingesetzten Erhebungsinstrumente in den Unterkapiteln Prä-Post-Test inkl. Messinvarianzprüfung und Begleittest vorgestellt. Zur Überprüfung der Erhebungsinstrumente und Erstellung von Messmodellen wurden in dieser Arbeit in der Regel konfirmatorische Faktorenanalysen durchgeführt, da bestehende und bereits validierte Instrumente übernommen oder adaptiert und in Strukturgleichungsmodellen eingesetzt wurden.

#### 5.3.1 Fragebogen des Prä-Post-Tests

Zu den beiden Messzeitpunkten Prä und Post wurden Skalen zur Messung der abhängigen Variablen physikbezogenes individuelles Interesse mit Fach- und Sachinteresse, physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technikwissenschaften sowie die Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation erhoben. Nachfolgend werden die einzelnen Skalen näher beschrieben.

##### *Soziodemografische Daten*

Im Prätestfragebogen wurden zusätzlich soziodemografische Daten der Studierenden zu Alter, Geschlecht und Zeugnisnoten des Abiturs bzw. Vorkurses für die PH in den naturwissenschaftlichen Fächern (Biologie, Chemie & Physik). Zudem wurde von jedem Erhebungsjahr der Studienjahrgang sowie das Studiensemester im Datensatz erfasst.

##### *Physikbezogenes individuelles Interesse*

Zur Erfassung des physikbezogenen individuellen Interesses mit Sach- und Fachinteresse (vgl. Kapitel 2.3.2.2) wurde auf eine bestehende Skala



zurückgegriffen, die sich in ihrem Ursprung auf Items von Sumfleth und Wild (2005), Rheinberg und Wendland (2002) sowie der IPN-Interessensstudie (Häussler & Hoffmann, 1998) beziehen und in adaptierter Form in diversen Dissertationsprojekten von Doktorand\*innen einer Forschungsgruppe zur Chemiedidaktik an der Universität Duisburg-Essen validiert und eingesetzt wurden (Fechner, 2009; Habig, 2017; van Vorst, 2013). Diese verwendeten Items werden in der Tabelle 6 dargestellt. Sie werden mithilfe einer vier-stufigen Likert-Skala eingeschätzt (stimmt gar nicht/stimmt wenig/stimmt ziemlich/stimmt völlig). Die Werte der negativ formulierten Items *sin1* und *sin3* wurden für die Analyse in der vorliegenden Arbeit umgepolt.

Tabelle 6: Erhebungsinstrument zum physikbezogenen individuellen Interesse mit Fach- und Sachinteresse (Posttest, Interventionsgruppe:  $N = 149$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Physikbezogenes individuelles Sachinteresse (sin)	sin1	Was wir im Physikunterricht machen, interessiert mich nicht.	Fechner (2009); Habig (2017); Rheinberg und Wendland (2002); van Vorst (2013)
	sin3	Am liebsten würde ich mich gar nicht mit Physik beschäftigen.	Fechner (2009); Habig (2017); Rheinberg und Wendland (2002); van Vorst (2013)
	sin4	Warum strengen Sie sich im Physikunterricht an? ... weil ich den Stoff verstehen möchte.	Fechner (2009); Habig (2017); Rheinberg und Wendland (2002); van Vorst (2013)
	sin5	Warum strengen Sie sich im Physikunterricht an? ... weil mich Physik interessiert.	Fechner (2009); Habig (2017); Rheinberg und Wendland (2002); van Vorst (2013)
	sin6	Warum strengen Sie sich im Physikunterricht an? ... weil mir physikalische Experimente Spaß machen.	Fechner (2009); Habig (2017); Rheinberg und Wendland (2002); van Vorst (2013)

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Physikbezogenes individuelles Fachinteresse (fin)	fin1	Im Physikunterricht fühle ich mich wohl.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005); van Vorst (2013)
	fin2	Physik gehört zu meinen Lieblingsfächern.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005); van Vorst (2013)
	fin3	Ich freue mich meistens auf die nächste Physikstunde.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005); van Vorst (2013)
	fin4	Warum strengen Sie sich im Physikunterricht an? ... weil mir der Physikunterricht Spaß macht.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005); van Vorst (2013)

In der Abbildung 18 wird das einfaktorielle Messmodell und in der Abbildung 19 das zweifaktorielle Messmodell der Skala zum physikbezogenen individuellen Interesse (INT) mit Fach- und Sachinteresse (FIN bzw. SIN) mit den entsprechenden Faktorladungen für die Interventionsgruppe im Posttest dargestellt. Beide Modelle weisen eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003).

Das zweifaktorielle Modell ist nicht signifikant besser als das einfaktorielle Modell, wie ein  $\chi^2$ -Differenzentest aufzeigt ( $\Delta\chi^2 = 2.08$ ,  $\Delta df = 1$ ,  $p > 0.05$ ). Entsprechend wird mit dem einfaktoriellen Modell weitergerechnet. Die interne Konsistenz der Gesamtskala physikbezogenes individuelles Interesse mit Fach- und Sachinteresse zum Zeitpunkt des Posttests weist mit einem Cronbachs Alpha von .87 einen hohen Wert auf. Die Itemtrennschärfe liegt mit Werten von  $.36 \leq r_{it} \leq .77$  in einem mittelmäßigen bis hohen Bereich.

### *Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept*

Das Konstrukt des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts (vgl. Kapitel 2.3.3) wurde mithilfe einer Skala mit acht Items erhoben, die auf eine Fragebogenentwicklung von Sumfleth und Wild (2005) beruht

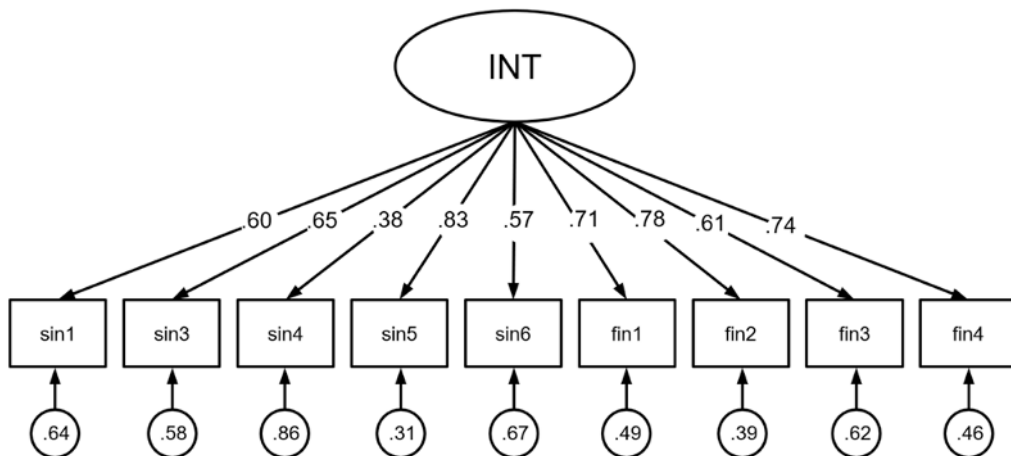


Abbildung 18: Messmodell einfaktoruell zum physikbezogenen individuellen Interesse mit Fach- und Sachinteresse im Posttest (Interventionsgruppe,  $N = 149$ ). Model fit:  $\chi^2(27) = 17.47$ ,  $p = .919$ , CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA =  $< .001$ , SRMR = .03.

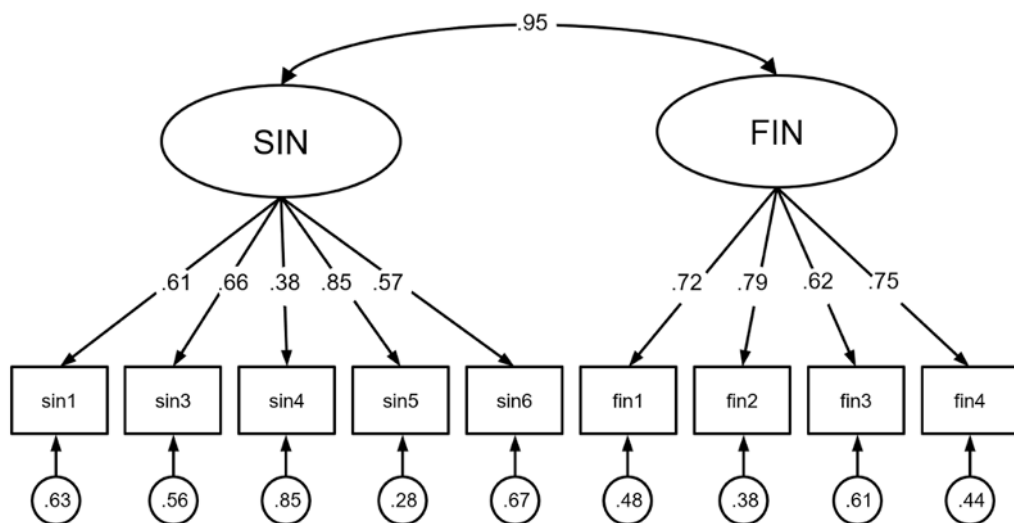


Abbildung 19: Messmodell zweifaktoruell zum physikbezogenen individuellen Interesse mit Fach- und Sachinteresse im Posttest (Interventionsgruppe,  $N = 149$ ). Model fit:  $\chi^2(26) = 15.20$ ,  $p = .954$ , CFI = 1.00, TLI = 1.03, RMSEA =  $< .001$ , SRMR = .02.

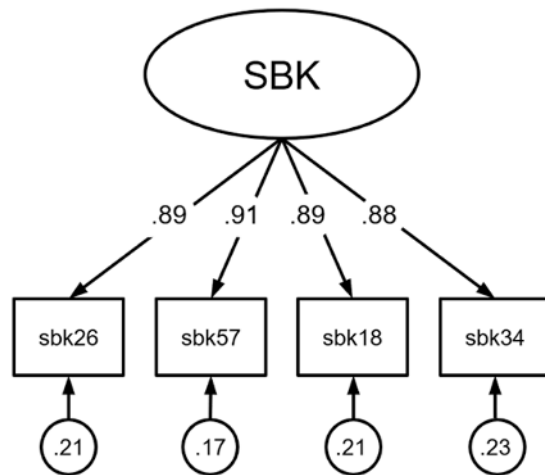
und ebenfalls in diversen Dissertationsprojekten von Doktorand\*innen ebendieser Forschungsgruppe zur Chemedidaktik an der Universität Duisburg-Essen adaptiert und validiert eingesetzt wurde (Fechner, 2009; Habig, 2017; van Vorst, 2013). Die verwendeten Items werden in der Tabelle 7 aufgeführt. Diese werden ebenfalls mithilfe einer vierstufigen Likert-Skala eingeschätzt.

Tabelle 7: Erhebungsinstrument zur Skala physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept (Posttest, Interventionsgruppe:  $N = 149$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept (sbk)	sbk1	In Physik bin ich ein begabter Student / eine begabte Studentin.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005)
	sbk2	Physik fällt mir leicht.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005)
	sbk3	Physikaufgaben kann ich gut lösen.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005)
	sbk4	Es fällt mir leicht, etwas für Physik zu lernen.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005)
	sbk5	Es fällt mir leicht, in Physik etwas Zu verstehen.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005)
	sbk6	Es fällt mir leicht, im Physikunterricht mitzuarbeiten.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005)
	sbk7	Wenn der Physikdozent / die Physikdozentin eine Frage stellt, weiß ich meistens die richtige Antwort.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005)
	sbk8	In Physik habe ich keine Schwierigkeiten, mir etwas zu merken.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005)

In der Abbildung 20 wird das einfaktorielle Messmodell der Skala zum physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) mit den entsprechenden Faktorladungen für die Interventionsgruppe im Posttest dargestellt. Um die acht Items der Skala aufgrund der vorliegenden Stichprobengröße (vgl. Kapitel 5.1) für die nachfolgenden Berechnung zu reduzieren, wurden zuerst vier Item Parcels nach der Verteilung der Variablen, jeweils zwei Faktorladungen mit entgegengerichteter Schiefe zusammen, gebildet (Little et al., 2013; Orcan, 2013; Schermelleh-Engel & Werner, 2009). Das daraus resultierende Messmodell weist eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die interne Konsistenz

Abbildung 20: Messmodell zum physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept im Posttest (Interventionsgruppe,  $N = 151$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 1.25$ ,  $p = .534$ , CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA =  $< .001$ , SRMR = .01.



der Skala zum physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept zum Zeitpunkt des Posttests weist mit einem Cronbachs Alpha von .93 einen exzellenten Wert auf. Die Itemtrennschärfe liegt mit Werten von  $.53 \leq r_{it} \leq .84$  in einem hohen Bereich.

### *Einstellungen Naturwissenschaften und Technikwissenschaften*

Die Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technikwissenschaften (vgl. Kapitel 2.3.1) wurden anhand einer Skala erhoben, deren Items sich auf das Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften aus dem Jahr 2009 stützen (acatech & VDI, 2009). Die Projektleitung der durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und die Deutsche Akademie für Technikwissenschaften (acatech) sowie den Verein Deutscher Ingenieure (VDI) finanzierten Studie hatte Prof. Dr. Dr.h.c. Ortwin Renn und die wissenschaftliche Leitung Dr. Uwe Pfenning, beide an der Universität Stuttgart. In einer umfassend angelegten sozialwissenschaftlichen Studie wurden individuelle und gesellschaftliche Ursachen des Nachwuchsmangels in den Technik- und Naturwissenschaften untersucht. Diese Studie bot die Grundlage für das ab 2013 langfristig angelegte Monitoring, das „MINT Nachwuchsbarometer“ (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften [acatech] & Körber-Stiftung, 2021).

Für die vorliegende Studie wurden aufgrund inhaltlicher Auseinandersetzung jeweils vier Items zur Einschätzung von Technik- und Natur-

wissenschaftsberufen in der Dimension positiv ausgewählt, die den Grad einer positiven Einstellungshaltung von Proband\*innen messen. Neutrale und negative Einschätzungsmerkmale des Ursprungsinstruments wurden aus Komplexitätsgründen nicht weiter berücksichtigt. Nachfolgend werden zuerst die positiven Einstellungen gegenüber Berufen der Technikwissenschaften (nachfolgend Einstellungen Technikwissenschaften) in der Tabelle 8 und anschließend die positiven Einstellungen gegenüber Berufen der Naturwissenschaften (nachfolgend Einstellungen Naturwissenschaften) in der Tabelle 9 aufgeführt. Die Einstufung der Items erfolgte wie beim Ursprungsinstrument aufgrund einer zehnstufigen Likert-Skala (0 = „trifft überhaupt nicht zu“ bis 10 = „trifft vollkommen zu“).

Tabelle 8: Erhebungsinstrument zu Einstellungen Technikwissenschaften (Posttest, Interventionsgruppe:  $N = 149$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Einstellungen Technikwissen- schaften, posi- tive Dimension (etw)	etw1	Berufe in den Technikwissen- schaften sind modern.	acatech und VDI (2009)
	etw3	Berufe in den Technikwissen- schaften sind informativ.	acatech und VDI (2009)
	etw4	Berufe in den Technikwissen- schaften sind kreativ.	acatech und VDI (2009)
	etw10	Berufe in den Technikwissen- schaften sind praktisch.	acatech und VDI (2009)

In der Abbildung 21 wird das einfaktorielle Messmodell der Skala Einstellungen Technikwissenschaften (ETW) mit den entsprechenden Faktorladungen für die Interventionsgruppe im Posttest dargestellt. Das Modell weist eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die interne Konsistenz der Skala Einstellungen Technikwissenschaften zum Zeitpunkt des Posttests weist mit einem Cronbachs Alpha von  $.77$  einen akzeptablen Wert auf. Die Itemtrennschärfe ist mit Werten von  $.50 \leq r_{it} \leq .66$  in einem hohen Bereich.

In der Abbildung 22 wird das einfaktorielle Messmodell der Skala Einstellungen Naturwissenschaften (ENW) mit den entsprechenden

Tabelle 9: Erhebungsinstrument zu Einstellungen Naturwissenschaften (Posttest, Interventionsgruppe:  $N = 149$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Einstellungen Naturwissenschaften, positive Dimension (enw)	enw1	Berufe in den Naturwissenschaften sind modern.	acatech und VDI (2009)
	enw3	Berufe in den Naturwissenschaften sind informativ.	acatech und VDI (2009)
	enw4	Berufe in den Naturwissenschaften sind kreativ.	acatech und VDI (2009)
	enw10	Berufe in den Naturwissenschaften sind praktisch.	acatech und VDI (2009)

Abbildung 21: Messmodell zu Einstellungen Technikwissenschaften im Posttest (Interventionsgruppe,  $N = 151$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 0.53$ ,  $p = .767$ , CFI = 1.00, TLI = 1.04, RMSEA =  $< .001$ , SRMR = .01.

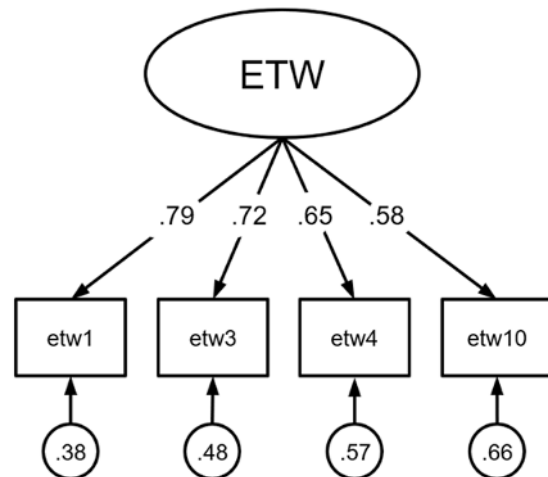
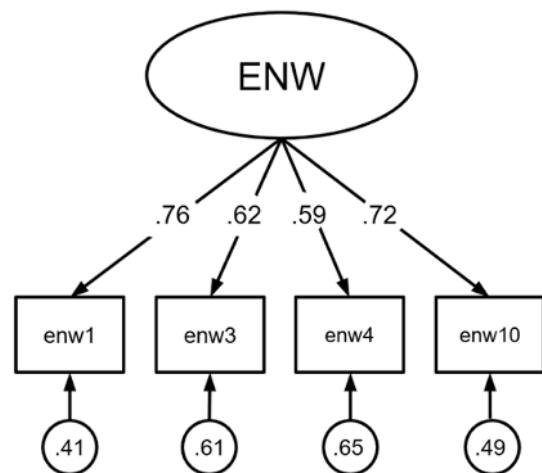


Abbildung 22: Messmodell zu Einstellungen Naturwissenschaften im Posttest (Interventionsgruppe,  $N = 148$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 2.80$ ,  $p = .246$ , CFI = .99, TLI = .97, RMSEA = .06, SRMR = .03.



Faktorladungen für die Interventionsgruppe im Posttest dargestellt. Das Modell weist eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die interne Konsistenz der Skala Einstellungen Naturwissenschaften zum Zeitpunkt des Posttests weist mit einem Cronbachs Alpha von  $.76$  einen akzeptablen Wert auf. Die Itemtrennschärfe liegt mit Werten von  $.52 \leq r_{it} \leq .62$  in einem hohen Bereich.

### *Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation*

Zur Prüfung möglicher Einflüsse auf die Lernmotivation aufgrund externer Anreizwirkungen (Krapp, 1999; Rheinberg, 2008) wurde zusätzlich eine Skala zur Erhebung der extrinsischen Lernmotivation erfasst. Die verwendeten Items gehen auf eine Fragenbogenentwicklung von Sumfleth und Wild (2005) zurück und wurden in adaptierter Form innerhalb von Dissertationsprojekten von Doktorand\*innen der Forschungsgruppe zur Chemiesdidaktik an der Universität Duisburg-Essen validiert und eingesetzt (Fechner, 2009; Habig, 2017; van Vorst, 2013).

Alle verwendeten Items wurden mithilfe einer vier-stufigen Likert-Skala eingeschätzt und sind in der Tabelle 10 aufgeführt.

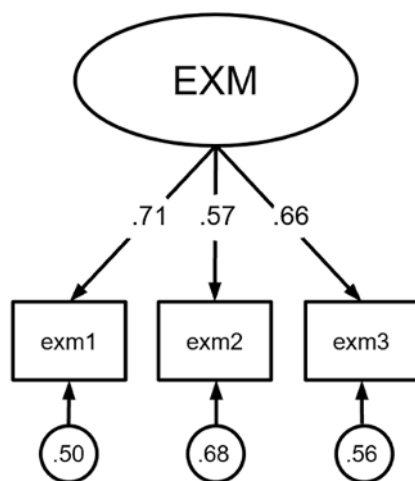


Abbildung 23: Messmodell zur Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation (Posttest, Interventionsgruppe:  $N = 151$ ). Modellfit:  $\chi^2(0) = 0.00$ ,  $p = -$ , CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA =  $< .001$ , SRMR =  $< .001$ .

In der Abbildung 23 wird das ein-faktorielle Messmodell der Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation (EXM) mit den entsprechenden Faktorladungen für die Interventionsgruppe im Posttest dargestellt. Das ein-faktorielle Messmodell mit drei Indikatoren ist genau identifiziert bzw. es gilt, dass die Anzahl der Freiheitsgrade ( $df$ ) gleich null ist (Urban & Mayerl, 2014). Die interne Konsistenz der Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation zum Zeitpunkt des Posttests



Tabelle 10: Erhebungsinstrument zur extrinsischen Lernmotivation im Physikunterricht (Posttest, Interventionsgruppe:  $N = 149$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Extrinsische Lernmotivation (exm)	exm1	Warum strengen Sie sich im Physikunterricht an? ... weil ich möchte, dass mein Physikdozent / meine Physikdozentin mit mir zufrieden ist.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005); van Vorst (2013)
	exm2	Warum strengen Sie sich im Physikunterricht an? ... weil von mir er wartet wird, dass ich mich im Unterricht anstrengende.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005); van Vorst (2013)
	exm3	Warum strengen Sie sich im Physikunterricht an? ... weil ich für gute Leistungen Anerkennung aus meinem Umfeld erhalte.	Fechner (2009); Habig (2017); Sumfleth und Wild (2005); van Vorst (2013)

weist für die Interventionsgruppe ( $N = 148$ ) mit einem Cronbachs Alpha von .68 einen fragwürdigen Wert auf. Die Itemtrennschärfe liegt mit Werten von  $.45 \leq r_{it} \leq .53$  in einem mittelmäßigen bis hohen Bereich.

### 5.3.2 Messinvarianztestung des Prä-Post-Tests

Um in der vorliegenden Untersuchung latente Mittelwerte und Zusammenhänge zwischen zwei Gruppen sowie verschiedenen Zeitpunkten analysieren zu können, müssen die Erhebungsinstrumente der Prä- und Posttests messinvariant sein (Kampa et al., 2016; Millsap, 2011). Dabei werden folgende Grade an Messinvarianz unterschieden (Steenkamp & Baumgartner, 1998):

1. *Konfigurale Invarianz*: Die Anzahl der Faktoren und das Ladungsmuster zwischen latenten Variablen und Indikatoren in den Vergleichsgruppen bzw. Messzeitpunkten sind invariant.

2. *Metrische Invarianz*: Die Faktorladungen sind invariant.
3. *Skalare Invarianz*: Die Faktorladungen und Intercepts sind invariant.
4. *Strikte faktorielle Invarianz bzw. Invarianz des Messfehlers*: Die Faktorladungen, Intercepts und Residualvarianzen sind invariant

Um in der vorliegenden Arbeit die Mittelwerte zu vergleichen, wird pro Skala eine skalare Invarianz berechnet. Gemäß Steenkamp und Baumgartner (1998) ist das Erreichen einer strikten faktoriellen Invarianz in der Praxis selten und skalare sowie metrische Invarianz schwierig. Bei Notwendigkeit wird nachfolgend das Verfahren der partiellen Messinvarianz angewendet, wonach einzelne Parameter in bestimmten Gruppen bzw. über die Zeitpunkte hinweg variieren dürfen (Putnick & Bornstein, 2016). In einem ersten Schritt wird die Messinvarianz zwischen Interventions- und Kontrollgruppe zum Zeitpunkt des Posttests schrittweise untersucht. Anschließend folgt die Prüfung der Messinvarianz über die beiden Messzeitpunkte Prä und Post hinweg.

#### *Physikbezogenes individuelles Interesse*

Wie in der Tabelle 11 ersichtlich, besteht zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe – Invarianz über die Gruppen – für die Skala physikbezogenes individuelles Interesse keine metrische Messinvarianz. Entsprechend wurde eine partielle metrische Messinvarianz modelliert, indem die Ladungen der Items *sin6* und *fin1* frei geschätzt werden. Auf dieser Grundlage ist die Modellierung der skalaren Invarianz möglich.

Die metrische Messinvarianz zwischen Prätest und Posttest – Invarianz über die Zeit – ist nicht gegeben. Eine partielle metrische Messinvarianz wurde erreicht, indem die Ladungen der Items *sin1* und *fin1* frei geschätzt werden. Auf dieser Grundlage ist die Modellierung der skalaren Invarianz möglich (siehe Tabelle 12).

Tabelle 11: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala physikbezogenes individuelles Interesse zwischen Interventions- und Kontrollgruppe (Interventionsgruppe:  $N = 149$ ; Kontrollgruppe:  $N = 22$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><math>df</math></b>	<b><math>p</math></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><math>p</math></b>
Konfigurale Invarianz	57.76	54	.338	.99	.99	.03	.03	-	-
Metrische Invarianz	74.79	62	.128	.98	.98	.05	.07	17.03 (8)	.030
Partielle metrische Invarianz	64.82	60	.312	.99	.99	.03	.05	7.06 (6)	.315
Skalare Invarianz*	75.53	68	.248	.99	.99	.04	.05	10.71 (8)	.219

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

\*Modell basiert auf partieller metrischer Invarianz

Tabelle 12: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala physikbezogenes individuelles Interesse zwischen Prä- und Posttest ( $N = 168$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><math>df</math></b>	<b><math>p</math></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><math>p</math></b>
Konfigurale Invarianz	167.66	125	.007	.97	.97	.05	.04	-	-
Metrische Invarianz	187.37	133	.001	.97	.96	.05	.07	21.66 (8)	.006
Partielle metrische Invarianz	174.49	131	.007	.97	.97	.04	.05	7.42 (6)	.283
Skalare Invarianz*	188.64	139	.003	.97	.97	.05	.06	14.13 (8)	.078

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

\*Modell basiert auf partieller metrischer Invarianz.

*Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept*

Wie in Tabelle 13 ersichtlich, ist die Messinvarianz der Skala physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept zwischen Interventions- und Kontrollgruppe zum Zeitpunkt des Posttests gegeben.

Die skalare Invarianz über die Zeit – also zwischen Prätest und Posttest – besteht ebenfalls (siehe Tabelle 14).

Tabelle 13: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept zwischen Interventions- und Kontrollgruppe (Interventionsgruppe:  $N = 151$ ; Kontrollgruppe:  $N = 21$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>df</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><i>p</i></b>
Konfigurale Invarianz	3.42	4	.490	1.00	1.00	.00	.01	-	-
Metrische Invarianz	5.69	7	.577	1.00	1.00	.00	.02	2.26 (3)	.520
Skalare Invarianz	6.69	10	.755	1.00	1.01	.00	.02	1.00 (3)	.800

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 14: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept zwischen Prä- und Posttest ( $N = 170$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>df</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><i>p</i></b>
Konfigurale Invarianz	17.98	15	.264	1.00	1.00	.03	.02	-	-
Metrische Invarianz	21.23	18	.265	1.00	1.00	.03	.03	3.26 (3)	.353
Skalare Invarianz	24.46	21	.271	1.00	1.00	.03	.03	3.19 (3)	.363

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

*Einstellungen Technikwissenschaften & Naturwissenschaften*

Für die beiden Skalen Einstellungen Technikwissenschaften und Einstellungen Naturwissenschaften ist die Messinvarianz zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe zum Zeitpunkt des Posttests jeweils gegeben (siehe Tabelle 15 und Tabelle 17).

Tabelle 15: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Einstellungen Technikwissenschaften zwischen Interventions- und Kontrollgruppe (Interventionsgruppe:  $N = 151$ ; Kontrollgruppe:  $N = 22$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>df</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><i>p</i></b>
Konfigurale Invarianz	4.37	4	.359	1.00	.99	.03	.02	-	-
Metrische Invarianz	11.22	7	.129	.98	.96	.08	.04	6.85 (3)	.077
Skalare Invarianz	15.40	10	.118	.97	.97	.08	.05	4.18 (3)	.242

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 16: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Einstellungen Naturwissenschaften zwischen Interventions- und Kontrollgruppe (Interventionsgruppe:  $N = 148$ ; Kontrollgruppe:  $N = 22$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>df</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><i>p</i></b>
Konfigurale Invarianz	6.63	4	.157	.98	.95	.09	.03	-	-
Metrische Invarianz	9.51	7	.218	.99	.97	.07	.05	2.88 (3)	.411
Skalare Invarianz	13.20	10	.213	.98	.98	.06	.06	3.69 (3)	.297

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Wie in der Tabelle 17 für die Skala Einstellungen Technikwissenschaften und in der Tabelle 18 für die Skala Einstellungen Naturwissenschaften ersichtlich, ist die skalare Invarianz über die Zeit ebenfalls für beide Erhebungsinstrumente gegeben.

Tabelle 17: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Einstellungen Technikwissenschaften zwischen Prä- und Posttest ( $N = 169$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>df</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><i>p</i></b>
Konfigurale Invarianz	19.32	15	.200	.99	.98	.04	.04	-	-
Metrische Invarianz	21.70	18	.246	.99	.98	.04	.04	1.80 (3)	.616
Skalare Invarianz	26.44	21	.190	.98	.98	.04	.04	4.87 (3)	.182

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 18: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Einstellungen Naturwissenschaften zwischen Prä- und Posttest ( $N = 164$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>df</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><i>p</i></b>
Konfigurale Invarianz	40.78	15	<.001	.93	.87	.10	.06	-	-
Metrische Invarianz	43.23	18	.001	.93	.90	.09	.06	1.52 (3)	.678
Skalare Invarianz	49.71	21	<.001	.92	.90	.09	.06	6.44 (3)	.092

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

### 5.3.3 Fragebogen des zweiteiligen Begleittests

Während der Intervention wurde ein zweiteiliger Begleittest zum Erfassen der Kontextmerkmale Alltagsbezug, Besonderheit (Begleittest I) sowie wahrgenommene Authentizität und der drei Valenzen des situationalen Interesses eingesetzt (Begleittest II). Als Kontrollvariablen zur kognitiven Belastung wurden im Begleittest II zusätzlich die wahrgenommene Aufgabenschwierigkeit sowie die investierte Denkanstrengung gemessen. Nachfolgend werden die Auswahl und Entwicklung der Skalen sowie die Ergebnisse der Analysen der einzelnen Konstrukte dargestellt. Diese verwendeten Items werden in der Tabelle 6 dargestellt. Sie werden mithilfe einer vier-stufigen Likert-Skala eingeschätzt (stimmt gar nicht/stimmt wenig/stimmt ziemlich/stimmt völlig).

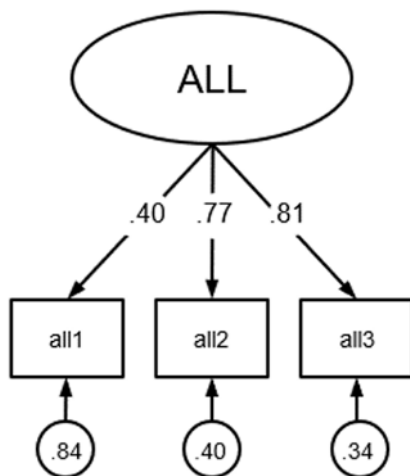
#### *Kontextmerkmale Alltagsbezug und Besonderheit*

Durch Merkmalsbeschreibung eines Kontextes u. a. nach Alltagsbezug und Besonderheit (vgl. Kapitel 2.2) können Lernkontexte analysiert und verglichen werden. Die nachfolgenden Skalen gehen auf Items zurück, die van Vorst (2013) im Rahmen ihrer Dissertation entwickelt sowie evaluiert hat und von Habig (2017) in seiner Vorstudie wiederum aufgegriffen wurde. Alle Items wurden jeweils auf einer vierstufigen Likert-Skala (1 = stimmt gar nicht bis 4 = stimmt völlig) bewertet. In der Tabelle 19 wird zunächst die Skala zum Alltagsbezug aufgeführt und anschließend analysiert, und in der Tabelle 20 wird die Skala zur Besonderheit dargestellt und ebenfalls analysiert.

Das einfaktorielle Messmodell zum Kontextmerkmal Alltagsbezug (ALL) mit drei Indikatoren ist genau identifiziert bzw. es gilt, dass die Anzahl der Freiheitsgrade ( $df$ ) gleich null ist (Urban & Mayerl, 2014). Die interne Konsistenz der Variable Alltagsbezug weist für die Interventionsgruppe ( $N = 107$ ) mit einem Cronbachs Alpha von .69 einen fragwürdigen Wert auf. Die Itemtrennschärfe liegt mit Werten von  $.35 \leq r_{it} \leq .61$  in einem mittelmäßigen bis hohen Bereich.

Tabelle 19: Erhebungsinstrument zum Kontextmerkmal Alltagsbezug (Begleittest I, Interventionsgruppe:  $N = 107$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Kontextmerkmal Alltagsbezug (all)	all1	Das Thema des Forschungsprojekts ist für mich gewöhnlich.	Habig (2017); van Vorst (2013)
	all2	Das Thema des Forschungsprojekts findet man auch in meiner unmittelbaren Umgebung.	Habig (2017); van Vorst (2013)
	all3	Das Thema des Forschungsprojekts ist etwas, das zu meiner eigenen Lebenswelt dazugehört.	Habig (2017); van Vorst (2013)

Abbildung 24: Messmodell Kontextmerkmal Alltagsbezug (Begleittest I, Interventionsgruppe:  $N = 154$ ). Model fit:  $\chi^2(0) = 0.00$ ,  $p = -$ , CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA =  $< .001$ , SRMR =  $< .001$ .

Nachfolgend werden in der Tabelle 20 die Items der Skala Besonderheit aufgeführt und analysiert.

Das einfaktorielle Messmodell zum Kontextmerkmal Besonderheit (BES) mit drei Indikatoren ist genau identifiziert bzw. es gilt, dass die Anzahl der Freiheitsgrade ( $df$ ) gleich null ist (Urban & Mayerl, 2014). Die interne Konsistenz der Variable Besonderheit weist für die Interventionsgruppe ( $N = 107$ ) mit einem Cronbachs Alpha von .85 einen hohen Wert auf. Die Itemtrennschärfe liegt mit Werten von  $.60 \leq r_{it} \leq .80$  in einem hohen Bereich.



Tabelle 20: Erhebungsinstrument zum Kontextmerkmal Besonderheit (Begleittest I, Interventionsgruppe:  $N = 107$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Kontextmerkmal Besonderheit (bes)	bes1	Das Thema des Forschungsprojekts ist etwas Fremdes für mich.	Habig (2017); van Vorst (2013)
	bes2	Das Thema des Forschungsprojekts ist etwas, das in meiner eigenen Lebenswelt selten/nie vorkommt.	Habig (2017); van Vorst (2013)
	bes3	Das Thema des Forschungsprojekts ist so ungewöhnlich, dass es mir in meiner eigenen Umgebung selten/nie begegnet.	Habig (2017); van Vorst (2013)

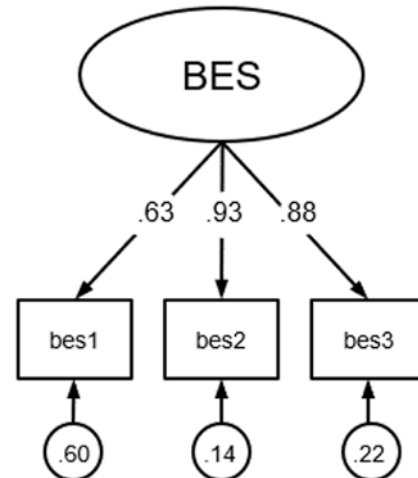


Abbildung 25: Messmodell zum Kontextmerkmal Besonderheit (Begleittest I, Interventionsgruppe:  $N = 154$ ). Model fit:  $\chi^2(0) = 0.00$ ,  $p = -$ , CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA =  $< .001$ , SRMR =  $< .001$ .

### *Kontextmerkmal wahrgenommene Authentizität*

Ein weiteres Element zur Charakterisierung von Lernkontexten (vgl. Kapitel 2.2) stellt die wahrgenommene Authentizität dar. Diese wurde mit einer Skala gemessen, dessen Items auf Studien zur Schüler\*innenlaborforschung nach Engeln (2004) und Pawek (2009) sowie Betz (2018) im Bereich von authentischen Lernumgebungen in der Linguistik zurückzuführen sind. Die Items wurden – analog zu den anderen beiden Kontextmerkmalen Alltagsbezug und Besonderheit – auf einer vierstufigen Likert-Skala bewertet. Nachfolgend wird die Beschreibung der Skala nach Items (siehe Tabelle 21) sowie die Analyse aufgeführt.

Tabelle 21: Erhebungsinstrument zum Kontextmerkmal wahrgenommene Authentizität (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 90$ )

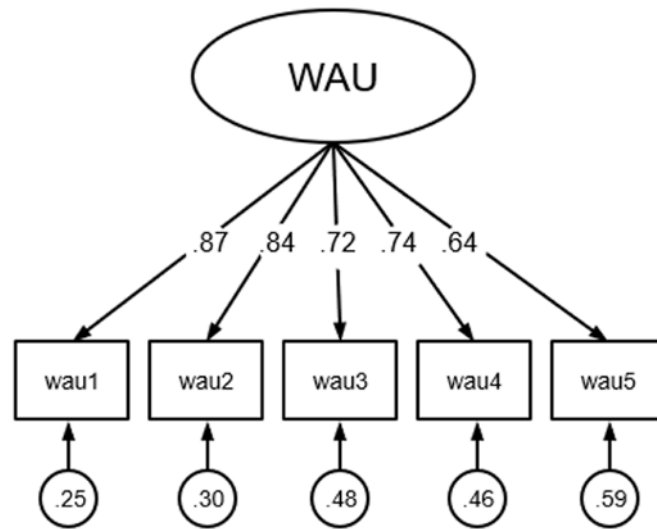
Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Kontext- merkmal wahrgenom- mene Authentizität (wau)	wau1	Ich habe einen Einblick in den Berufsalltag von Wissenschaftlern bekommen.	Engeln (2004); Pawek (2009)
	wau2	Ich habe ein Gefühl dafür bekommen, wie Forschung funktioniert.	Engeln (2004); Pawek (2009)
	wau3	Ich habe etwas über die Ziele der naturwissenschaftlich-technischen Forschung gelernt.	Engeln (2004); Pawek (2009)
	wau4	Ich habe etwas über die Forschungsarbeit der Hochschule Luzern T&A gelernt.	Engeln (2004); Pawek (2009)
	wau5	Ich habe einen Ort kennengelernt, an dem wirklich geforscht wird.	Betz (2018)

In der Abbildung 26 wird das einfaktorielle Messmodell der Skala wahrgenommene Authentizität (WAU) mit den entsprechenden Faktorladungen für die Interventionsgruppe im Begleittest II dargestellt. Das Modell weist eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die interne Konsistenz der Variable wahrgenommenen Authentizität weist für die Interventionsgruppe ( $N = 90$ ) mit einem Cronbachs Alpha von .87 einen hohen Wert auf. Die Itemtrennschärfe liegt mit Werten von  $.60 \leq r_{it} \leq .78$  in einem hohen Bereich.

### *Situationales Interesse*

Das situationale Interesse (vgl. Kapitel 2.3.2.2) wurde mit drei Skalen zu den jeweiligen Valenzen emotional, wertbezogen und epistemisch erhoben. Alle drei Skalen finden ihren Ursprung in der Dissertation von Engeln (2004) zur Schüler\*innenlaborforschung und wurden anschließend in der gleichen Thematik von Pawek (2009) vollständig sowie parallel in diversen Dissertationsprojekten von Doktorand\*innen der Forschungsgruppe zur Chemiedidaktik an der Universität Duisburg-Essen teilweise adaptiert und validiert eingesetzt (Fechner, 2009; Habig, 2017; van

Abbildung 26: Messmodell zum Kontextmerkmal wahrgenommene Authentizität (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 90$ ). Model fit:  $\chi^2(5) = 9.23, p = .100$ , CFI = .98, TLI = .96, RMSEA = .10, SRMR = .03.



Vorst, 2013). Diese verwendeten Items werden nach emotionaler (siehe Tabelle 19), wertbezogener (siehe Tabelle 20) und epistemischer Valenz (siehe Tabelle 21) aufgeteilt nachfolgend näher beschrieben und analysiert. Sie werden mithilfe einer vier-stufigen Likert-Skala eingeschätzt (stimmt gar nicht/stimmt wenig/stimmt ziemlich/stimmt völlig). Die Werte des negativ formulierten Items *emo3* wurden für die Analyse in der vorliegenden Arbeit umgepolt.

Tabelle 22: Erhebungsinstrument zur emotionalen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 90$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Emotionale Valenz des situationalen Interesses (emo)	emo1	Das Thema des Forschungsprojekts finde ich sehr interessant.	Engeln (2004) Fechner (2009); Habig (2017); Haugwitz (2009) Pawek (2009); van Vorst (2013)
	emo2	Ich bin auf das Thema der nächsten Aufgabe gespannt.	Engeln (2004) Fechner (2009); Habig (2017); Haugwitz (2009) Pawek (2009); van Vorst (2013)
	emo3	Ich finde das Thema des Forschungsprojekts langweilig.	Engeln (2004) Fechner (2009); Habig (2017); Haugwitz (2009) Pawek (2009); van Vorst (2013)
	emo4	Das Thema des Forschungsprojekts bereitet mir Freude.	Engeln (2004); Pawek (2009)

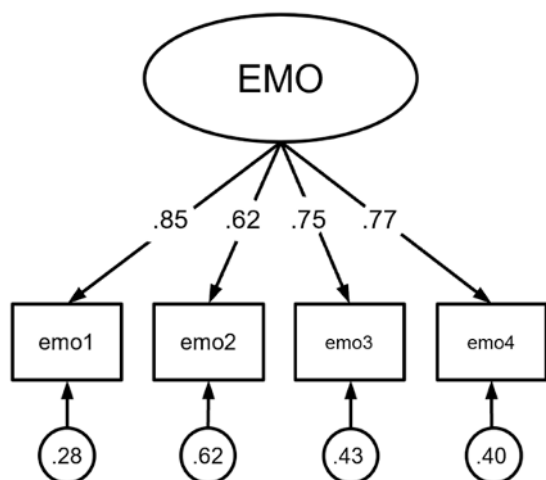


Abbildung 27: Messmodell zur emotionalen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 90$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 0.90$ ,  $p = .637$ , CFI = 1.00, TLI = 1.02, RMSEA =  $< .001$ , SRMR = .01.

Das einfaktorielle Messmodell zur Skala der emotionalen Valenz des situationalen Interesses (EMO) ist in der Abbildung 27 mit den entsprechenden Faktorladungen für die Interventionsgruppe im Posttest dargestellt. Das Modell weist eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die interne Konsistenz der Variable emotionale Valenz weist für die Interventionsgruppe ( $N = 90$ ) mit einem Cronbachs Alpha von .83 einen

hohen Wert auf. Die Itemtrennschärfe liegt mit Werten von  $.56 \leq r_{it} \leq .74$  in einem hohen Bereich.

Folgend wird die Skala zur wertbezogenen Valenz des situationalen Interesses näher beschrieben.

Tabelle 23: Erhebungsinstrument zur wertbezogenen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 91$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Wert- bezogene Valenz des situationalen Interesses (wert)	wert1	Der Inhalt des Forschungsprojekts ist für mich von persönlicher Bedeutung.	Engeln (2004) Fechner (2009); Habig (2017); Haugwitz (2009) Pawek (2009); van Vorst (2013)
	wert2	Ich finde es wichtig, solche Themen wie heute kennenzulernen.	Fechner (2009); Habig (2017); Haugwitz (2009); Laukenmann et al. (2003); van Vorst (2013)
	wert3	Was ich über das Thema des Forschungsprojekts erfahren habe, bringt mir etwas.	Fechner (2009); Habig (2017); Haugwitz (2009); Laukenmann et al. (2003); van Vorst (2013)
	wert4	Mich mit dem Thema des Forschungsprojekts zu beschäftigen, erscheint mir sinnvoll.	Engeln (2004); Pawek (2009)

In der Abbildung 28 wird das einfaktorielle Messmodell der Skala wertbezogene Valenz (WERT) mit den entsprechenden Faktorladungen für die Interventionsgruppe im Posttest zum situationalen Interesse dargestellt. Anhand der guten Fit-Werte kann das geprüfte Modell angenommen werden (Scher-melleh-Engel et al., 2003). Die interne Konsistenz der Variable wertbezogene Valenz weist für die Interventionsgruppe ( $N = 91$ ) mit einem Cronbachs

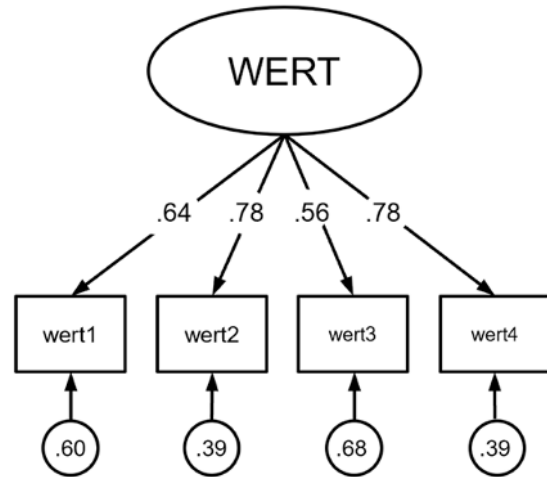


Abbildung 28: Messmodell zur wertbezogenen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 91$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 4.57, p = .102, CFI = .97, TLI = .92, RMSEA = .12, SRMR = .04$ .

Alpha von .78 einen akzeptablen Wert auf. Die Itemtrennschärfe liegt mit Werten von  $.52 \leq r_{it} \leq .63$  in einem hohen Bereich.

Als dritte Valenz des situationalen Interesses folgt die Beschreibung der Skala zur epistemischen Ausrichtung.

Tabelle 24: Erhebungsinstrument zur epistemischen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 91$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Epistemische Valenz des situationalen Interesses (epi)	epi1	Durch das Thema des Forschungsprojekts habe ich interessante Anregungen erhalten.	Engeln (2004); Pawek (2009)
	epi2	Der Bezug des Themas zu anderen naturwissenschaftlich-technischen Gebieten war für mich wichtig.	Engeln (2004); Pawek (2009)
	epi3	Ich würde gerne noch mehr über das Thema des Forschungsprojekts erfahren.	Engeln (2004); Laukenmann et al. (2003); Pawek (2009)
	epi4	Mit solch einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen.	Engeln (2004); Pawek (2009)

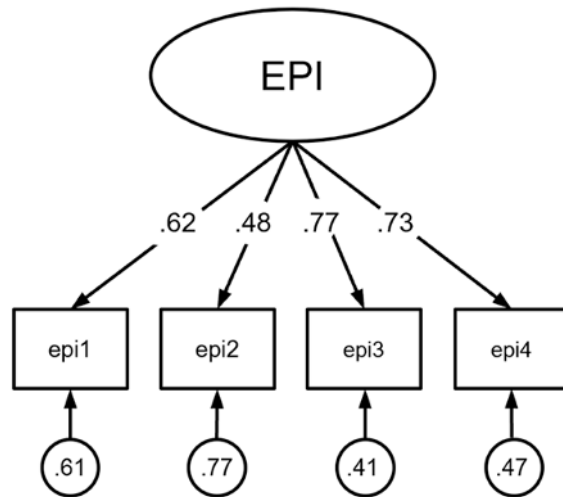


Abbildung 29: Messmodell zur epistemischen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 91$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 1.41$ ,  $p = .495$ , CFI = 1.00, TLI = 1.02, RMSEA =  $< .001$ , SRMR = .02.

Die Itemtrennschärfe liegt mit Werten von  $.42 \leq r_{it} \leq .62$  in einem mittelmäßigen bis hohen Bereich.

### *Kontrollvariablen kognitive Belastung*

Um empirisch prüfen zu können, wie die Studierenden die kognitive Belastung innerhalb der sechs Kontexte bewerten, wurden die beiden Items Empfundene Aufgabenschwierigkeit (Kalyuga et al., 2001) und Investierte Denkanstrengung beim Bearbeiten der Aufgabe (Paas, 1992) im Begleittest II miterhoben. Dabei wurde die u. a. von Schwaborn et al. (2011) und Habig (2017) bereits erprobte siebenstufige Likert-Skala eingesetzt.

Auch das Modell der Skala zur epistemischen Valenz des situationalen Interesses (EPI) (siehe Abbildung 29) weist aufgrund der Modellfit-Werte des einfaktoriellen Messmodells für die Interventionsgruppe im Posttest eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die interne Konsistenz der Variable epistemische Valenz weist für die Interventionsgruppe ( $N = 91$ ) mit einem Cronbachs Alpha von .74 einen akzeptablen Wert auf.

Tabelle 25: Erhebungsinstrument zur kognitiven Belastung (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 91$ )

Skala	Item	Beschreibung	Quellen
Empfundene Aufgabenschwierigkeit (Kalyuga et al., 2001)	id	Wie leicht oder schwer waren die Aufgaben insgesamt zu verstehen?	Habig (2017); Schwamborn et al. (2011); Kalyuga et al. (2001)
Investierte Denkanstrengung beim Bearbeiten der Aufgabe (Paas, 1992)	me	Beim Bearbeiten und Verstehen der Aufgaben war meine geistige Denkanstrengung insgesamt...	Habig (2017); Schwamborn et al. (2011); Kalyuga et al. (2001)

## 5.4 Auswertungsmethoden zur Teilstudie I

Die Analyse der quantitativen Fragebogen-Daten erfolgte neben der statistischen Standardverfahren (Mittelwerte, Standardabweichungen, Korrelationen) mithilfe von konfirmatorischen Faktoranalysen,  $t$ -Tests, Varianzanalysen und Strukturgleichungsmodellen. In diesem Kapitel wird die statistische Auswertung der erhobenen Daten nachfolgend vorgestellt.

In den Bildungs- und Sozialwissenschaften werden häufig Merkmale untersucht, die nicht direkt erfassbar sind. Dazu gehören u. a. in dieser Arbeit aufgeführte affektive Merkmale (vgl. Kapitel 2.3). Mithilfe von Items in Fragebogen, die als manifeste Indikatoren dienen, kann eine Annäherung an die gewünschten Konstrukte erreicht werden. Um entlang der Daten mögliche komplexe Zusammenhänge und Entwicklungen zu untersuchen, werden häufig latente Verfahren bevorzugt, die fehlerbereinigte Schätzwerte liefern können. Als Voraussetzungsprüfung für die Auswahl der Verfahren sollte jeweils die Datenstruktur geprüft werden.

### 5.4.1 Datenstruktur

In den Bildungs- und Sozialwissenschaften werden häufig Daten verwendet, die auf einer Klumpenstichprobe beruhen. Dies trifft auch auf die vorliegende Studie zu. Innerhalb der Teilstudie I wurden Lehramts-

studierende untersucht, die in Jahrgangsstufen geschachtelt bzw. geclustert sind. Dabei muss verfolgt werden, ob die Einschätzungen der Studierenden innerhalb der Jahrgangsstufe aufgrund der gemeinsamen Sozialisation ähnlicher sind als zwischen den Jahrgangsstufen. Trifft dies zu, ist die Unabhängigkeit verletzt und die Daten müssen strenggenommen als hierarchische Struktur mit Mehrebenen bzw. für jede Gruppe berechnet werden. Zusätzlich muss beachtet werden, dass die Jahrgangsstufe 2020 während der Corona-Pandemie erhoben wurde. Die Voraussetzung der sogenannten Unabhängigkeit der Daten wird mit der Intraklassenkorrelation  $\rho_{IC}$  überprüft (Geiser, 2009; Hox, 2010). Um zu testen, wie sich das Verhältnis der Varianz zwischen den Clustern zur Gesamtvarianz verhält, wird die Varianz der abhängigen Variablen jeweils in die Varianz auf Level 1 (Individuen) und Level 2 (Jahrgangsstufe) aufgeteilt. Zur Eruierung der Relevanz einer möglichen geschachtelten Struktur werden unterschiedliche Richtwerte dokumentiert. Während Geiser (2009) ab einer Intraklassenkorrelation von .01–.05 von einer einflussreichen Verzerrung der Ergebnisse von Signifikanztests spricht, geben andere Autoren Richtwerte von .05 (Heck & Thomas, 2015; Hox, 2010) bis hin zu einem liberalen Grenzwert von .10 (V. E. Lee, 2000) an.

Die Intraklassenkorrelationen hinsichtlich der abhängigen Variablen für den Prä-Post-Vergleich reichen in der vorliegenden Stichprobe von  $\rho_{IC} = .00$ –.10. Der  $\rho_{IC}$ -Wert für die Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation weist bei der Interventionsgruppe für den Prä- und Postzeitpunkt einen Wert von .01 bzw. .02 und bei der Kontrollgruppe einen Wert von .04 bzw. .10 auf. Die Werte weisen für die Stichprobencluster innerhalb der Interventionsgruppe insgesamt auf eine sehr schwache und innerhalb der Kontrollgruppe auf eine schwache Abhängigkeit hin (vgl. Tabelle 26).

Bei den abhängigen Variablen der Begleitetsteden innerhalb der Interventionsgruppe reichen die Intraklassenkorrelationen von  $\rho_{IC} = .00$ –.09. Der  $\rho_{IC}$ -Wert für die Kontrollvariablen *empfundene Aufgabenschwierigkeit* und *investierte Denkanstrengung* weist bei der vorliegenden Stichprobe einen Wert von .01 bzw. .00 auf. Die Werte für die Stichprobencluster innerhalb der Interventionsgruppe weisen insgesamt auf eine sehr schwache bis schwache Abhängigkeit hin (siehe Tabelle 27).



Tabelle 26: ICC-Werte der Interventions- und Kontrollgruppe für Prä- und Postdaten (Interventionsgruppe:  $N = 151$ ; Kontrollgruppe:  $N = 22$ )

Variable	$\rho_{IC}$			
	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe	
	Prätest	Posttest	Prätest	Posttest
Physikbezogenes individuelles Interesse	.01	.01	.02	.01
Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept	< .01	.01	.02	.05
Einstellungen Technikwissenschaften	.01	.04	.01	.04
Einstellungen Naturwissenschaften	< .01	.01	.10	.09

Tabelle 27: ICC-Werte der Interventionsgruppe für zweiteiligen Begleittest (Interventionsgruppe:  $N = 90-107$ )

Variable Begleittest I und II	$\rho_{IC}$
Alltagsbezug	.02
Besonderheit	.02
Wahrgenommene Authentizität	.02
Emotionale Valenz	.09
Wertbezogene Valenz	< .01
Epistemische Valenz	.01

Gemäß der vorliegenden Prüfung der Intraklassenkorrelation wurde von der statistischen Unabhängigkeit der Daten ausgegangen und auf eine mehrebenenanalytische Betrachtung verzichtet.

#### 5.4.2 *t*-Test und Varianzanalyse

Die Auswertungsmethode des *t*-Tests für verbundene und unverbundene Stichproben fand in der vorliegenden Teilstudie I Anwendung, um die Mittelwerte zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe sowie

innerhalb dieser auf signifikante Unterschiede hin zu überprüfen. Dabei wurden sogenannte Selection-Bias als Voraussetzung geprüft (Bortz & Schuster, 2010). Die Effektstärke bei  $t$ -Tests kann mit Cohen's  $d$  berechnet werden. Werte ab 0.20 gelten als schwache, Werte ab 0.40 als mittlere und solche ab 0.80 als starke Effekte (Cohen, 1988). Bei mehr als zwei Gruppen werden Unterschiede anhand von Varianzanalysen geprüft. Lineare Modelle, wie z. B. Faktor- und Varianzanalysen, haben dabei eine lange Tradition in den Bildungs- und Sozialwissenschaften, um eine Vielzahl unterschiedlicher Datenstrukturen mit Bedeutung zu füllen (Heck & Thomas, 2015). In der Teilstudie I wurden entlang der Varianzanalysen mögliche interventionsbedingte Entwicklungen innerhalb und zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe geprüft. Eingesetzt wurden sowohl multivariate (MANOVA) als auch univariate Varianzanalysen (ANOVA) mit und ohne Messwiederholung, um die entlang der Fragestellung formulierten Hypothesen zu prüfen (Eid et al., 2015). Die jeweiligen Voraussetzungsprüfungen (Bortz & Schuster, 2010; Leonhart, 2017) werden direkt im Ergebnisteil dokumentiert. Die Effektstärkeindizes partielles  $\eta^2$  können nach Cohen (Cohen, 1988) spezifiziert werden ( $\eta_p^2 = .01$  kleiner Effekt,  $\eta_p^2 = .06$  mittlerer Effekt,  $\eta_p^2 = .14$  großer Effekt).

### 5.4.3 Faktoranalyse und Strukturgleichungsmodell

Ein quantitativer Modellierungsansatz, der latente Variablen, die durch die Faktorenanalyse definiert werden, mit Pfadmodellen kombiniert, ist zu einem weit verbreiteten Testverfahren geworden (Geiser, 2009; Heck & Thomas, 2015). Strukturgleichungsmodelle (structural equation models, SEM) erleichtern die Spezifikation und das Testen von Modellen, die latente Variablen, mehrere Indikatoren, Messfehler und komplexe strukturelle Beziehungen umfassen. Grundlage dieser Spezifizierung allgemeiner linearer Modelle bildet die Regressionsrechnung. Im ersten Teil einer SEM-Analyse werden in der Regel die Konstrukte durch ihre beobachteten Indikatoren anhand einer konfirmatorischen Faktoranalyse definiert. Im Gegensatz zur explorativen Faktorenan-

lyse (EFA) handelt es sich bei der CFA um ein hypothesenprüfendes, und nicht hypothesengenerierendes, Verfahren. Die vorgeschlagenen Beziehungen werden dabei zunächst spezifiziert und dann anhand der Daten überprüft, um festzustellen, ob das hypothetische Modell konfirmatorisch ist. In der Teilstudie I wurden vorhandene, validierte Fragebogenskalen adaptiert und deren Strukturpassung an die vorliegenden Daten in einem Messmodell neu geprüft. Die anschließende Hypothesenprüfung möglicher Zusammenhänge in den Fragestellungen erfolgte entlang einer Strukturgleichungsmodellierung mit  $\chi^2$ -Teststatistik. Dabei wurden die in den Modellen angegebenen Schätzer Maximum Likelihood-(ML) bei multivariater Normalverteilung und bei deren Verletzung ein ML-Schätzer mit robuster Standardfehler-schätzung (MLR) verwendet (Rosseel, 2012). Die Modellgüte kann aufgrund unterschiedlicher Tests und Fit-Indizes geprüft werden. In der vorliegenden Arbeit werden häufig in Zusammenhang mit dem  $\chi^2$ -Anpassungstest verwendete Parameter berichtet: RMSEA, SRMR, CFI und TLI (Urban & Mayerl, 2014). Dabei werden die als gute Fits bezeichnenden Grenzwerte bei CFI und TLI  $\geq .95$ , bei SRMR  $\leq .08$  und bei RMSEA  $\leq .05$  indiziert (Schermelel-Engel et al., 2003). Bei Vergleichen von Strukturgleichungsmodellen wurden zudem die Differenzen der AIC- und BIC-Werte pro Modell betrachtet. Tiefe Werte sprechen für eine bessere Modellpassung (Schermelel-Engel et al., 2003).

Um in der vorliegenden Untersuchung latente Mittelwerte und Zusammenhänge zwischen zwei Gruppen sowie verschiedenen Zeitpunkten analysieren zu können, müssen die Erhebungsinstrumente der Prä- und Posttests messinvariant sein (Kampa et al., 2016; Millsap, 2011). Entsprechend wurden vorab die verschiedenen Konstrukte der Interventions- und Kontrollgruppe auf Messinvarianz überprüft und dokumentiert (vgl. Kapitel 5.3.2).

#### 5.4.4 Verwendete Software

Die Auswertung der Daten erfolgte in SPSS (Version 27) (IBM Corp., 2020) sowie für die Messinvarianz, die konfirmatorische Faktoranalyse

und die Strukturgleichungsmodelle in der freien Software R (Version 3.6.3) (The R Foundation, 2020) mit den Paketen lavaan (Version 0.6-8) und semTools (Version 0.5-4).

Nachfolgend werden in Kapitel 6 die Ergebnisse der Analysen zur Teilstudie I dargestellt.

## **6 Ergebnisse zur Teilstudie I**

Das folgende Kapitel stellt die Ergebnisse der statistischen Analysen für die Teilstudie I dar. In einem ersten Schritt werden in Kapitel 6.1 deskriptive Voranalysen und Korrelationen nach Prä-Post- sowie Begleitdaten getrennt präsentiert. Anschließend folgen die inferenzstatistischen Analysen entlang der Fragestellungen sowie Hypothesen in den Kapiteln 6.2, 6.3 und 6.4.

### **6.1 Deskriptive Statistik und Korrelationen**

Nachfolgend werden die Ergebnisse der deskriptiven Statistik der vorliegenden Teilstudie I dargestellt. Im ersten Kapitel werden die Mittelwerte und Standardabweichungen der verschiedenen Skalen sowie bivariate Korrelationen für die Interventions- und Kontrollgruppe Prä und Post präsentiert. Darauf folgt im zweiten Kapitel eine Darstellung der Daten aus dem Begleittest I und II für die Interventionsgruppe. In der deskriptiven Darstellung werden zur Vergleichbarkeit reguläre Mittelwerte und Standardabweichungen aufgeführt.

#### **6.1.1 Prä-Post-Daten**

Die Tabelle 28 und Tabelle 29 zeigen die Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen aller erfassten Skalen im Fragebogen zu den zwei unterschiedlichen Zeitpunkten in der Interventionsgruppe und Kontrollgruppe. In der Tabelle 30 werden zudem die Mittelwerte und Standardabweichungen der Interventions- und Kontrollgruppe für Frauen und Männer zu beiden Messzeitpunkten separiert aufgeführt.

Tabelle 28: Deskriptive Statistik und Korrelationen der Skalen für die Prä- und Postmesszeitpunkte in der Interventionsgruppe

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>	<b>(7)</b>	<b>(8)</b>	<b>(9)</b>	<b>(10)</b>
Physikbezogenes individuelles Interesse Prä (1)	143	3.03	0.48	.72**	.74**	.63**	.11	.28**	.13	.22**	-.08	-.12
Physikbezogenes individuelles Interesse Post (2)	143	3.01	0.45	-	.63**	.71**	.09	.29**	.09	.20*	.03	-.17*
Physikbezogenes Fähigkeitsselbst- konzept Prä (3)	143	2.55	0.58		-	.83**	.08	.25**	.06	.13	-.04	-.12
Physikbezogenes Fähigkeitsselbst- konzept Post (4)	143	2.62	0.56			-	.11	.28**	.14	.14	.02	-.09
Einstellungen Technikwissen- schaften Prä (5)	143	7.46	1.15				-	.40**	.75**	.44**	.10	.12
Einstellungen Technikwissen- schaften Post (6)	143	7.60	1.31					-	.34**	.75**	.01	.01
Einstellungen Naturwissenschaf- ten Prä (7)	143	7.44	1.28						-	.44**	.10	.17*
Einstellungen Naturwissenschaf- ten Post (8)	143	7.44	1.29							-	.09	.05
Extrinsische Lern- motivation Prä (9)	149	1.93	0.61								-	.60**
Extrinsische Lernmotivation Post (10)	149	2.05	0.60									-

*Anmerkung.* \* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (2-seitig) signifikant.

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (2-seitig) signifikant;  $N = 143-152$

Tabelle 29: Deskriptive Statistik und Korrelationen der Skalen für die Prä- und Postmesszeitpunkte in der Kontrollgruppe

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>	<b>(7)</b>	<b>(8)</b>	<b>(9)</b>	<b>(10)</b>
Physikbezogenes individuelles Interesse Prä (1)	22	3.10	0.57	.88**	.75**	.73**	.14	.17	.08	-.17	-.13	.03
Physikbezogenes individuelles Interesse Post (2)	22	3.18	0.50	-	.71**	.74**	.14	.20	.08	-.29	-.14	.04
Physikbezogenes Fähigkeitsselbst- konzept Prä (3)	22	2.59	0.63		-	.88**	.18	.16	.07	-.10	-.10	-.03
Physikbezogenes Fähigkeitsselbst- konzept Post (4)	22	2.60	0.61			-	.09	.24	-.08	-.14	-.06	-.16
Einstellungen Technikwissen- schaften Prä (5)	22	7.80	1.05				-	.67**	.73**	.64**	-.34	-.47*
Einstellungen Technikwissen- schaften Post (6)	22	7.44	1.17					-	.52*	.61**	-.14	-.49*
Einstellungen Naturwissen- schaften Prä (7)	22	7.34	1.25						-	.71**	-.08	-.26
Einstellungen Naturwissen- schaften Post (8)	22	7.63	1.13							-	-.003	-.31
Extrinsische Lern- motivation Prä (9)	22	2.17	0.61								-	.62**
Extrinsische Lernmotivation Post (10)	22	2.15	0.63									-

*Anmerkung.* \* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (2-seitig) signifikant.

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (2-seitig) signifikant;  $N = 22$

Tabelle 30: Deskriptive Kennwerte der abhängigen Variablen physikbezogenes individuelles Interesse, physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, Einstellungen Technikwissenschaften, Einstellungen Naturwissenschaften sowie der Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation nach Geschlecht

Variable nach Stichprobe	Frauen						Männer					
	Prätest			Posttest			Prätest			Posttest		
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<b>Physikbezogenes individuelles Interesse</b>												
Interventionsgruppe	74	2.88	0.49	74	2.86	0.45	69	3.20	0.42	69	3.17	0.40
Kontrollgruppe	11	3.00	0.69	11	3.12	0.50	11	3.19	0.44	11	3.23	0.52
<b>Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept</b>												
Interventionsgruppe	74	2.31	0.56	74	2.41	0.51	69	2.80	0.48	69	2.85	0.51
Kontrollgruppe	11	2.51	0.66	11	2.51	0.58	11	2.67	0.61	11	2.69	0.65
<b>Einstellungen Technikwissenschaften</b>												
Interventionsgruppe	74	7.50	1.25	74	7.63	1.38	69	7.42	1.03	69	7.58	1.23
Kontrollgruppe	11	7.73	1.03	11	7.23	1.29	11	7.86	1.11	11	7.66	1.07
<b>Einstellungen Naturwissenschaften</b>												
Interventionsgruppe	74	7.46	1.19	74	7.55	1.22	69	7.41	1.37	69	7.31	1.36
Kontrollgruppe	11	7.23	1.21	11	7.41	1.35	11	7.45	1.33	11	7.84	0.87
<b>Extrinsische Lernmotivation</b>												
Interventionsgruppe	76	1.97	0.61	76	2.13	0.60	73	1.89	0.61	73	1.97	0.59
Kontrollgruppe	11	2.24	0.40	11	2.21	0.65	11	2.10	0.78	11	2.10	0.63



### 6.1.2 Begleittest-Daten

Die Tabelle 31 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen aller im zweiteiligen Begleittest erfassten Skalen auf. In der Tabelle 32 werden zudem die Mittelwerte und Standardabweichungen der Interventionsgruppe nach Kontexten einzeln dargestellt.

Tabelle 31: Deskriptive Statistik und Korrelationen der Skalen für die Variablen des zweiteiligen Begleittests in der Interventionsgruppe

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>	<b>(7)</b>	<b>(8)</b>
Alltagsbezug (1)	107	2.46	0.38	-.76*	.20	.23*	.17	.21*	-.23*	-.08
Besonderheit (2)	107	2.17	0.43	-	-.15	-.17	-.06	-.15	.07	-.07
Wahrgenommene Authentizität (3)	91	2.98	0.65		-	.31**	.40**	.31**	-.06	.01
Emotionale Valenz (4)	90	3.26	0.49			-	.63**	.60**	-.18	.02
Wertbezogene Valenz (5)	91	3.07	0.51				-	.67**	-.10	-.01
Epistemische Valenz (6)	91	2.80	0.58					-	-.31**	-.24*
Empfundene Aufgabenschwierigkeit (7)	92	3.34	1.14						-	.32**
Investierte Denkanstrengung (8)	92	4.85	1.05							-

*Anmerkung.* \* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (2-seitig) signifikant. \*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (2-seitig) signifikant;  $N = 90-107$

Tabelle 32: Deskriptive Kennwerte der abhängigen Variablen im zweiteiligen Begleittest der Interventionsgruppe nach Kontexten 1–6 aufgliedert

Variablen	Stichprobe pro Kontext																	
	1			2			3			4			5			6		
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Alltagsbezug	107	2.51	0.63	107	1.89	0.61	107	2.48	0.70	107	2.62	0.60	107	2.66	0.68	107	2.59	0.61
Besonderheit	107	2.20	0.68	107	2.90	0.71	107	2.19	0.86	107	1.93	0.70	107	1.91	0.74	107	1.91	0.71
Wahrgenommene Authentizität	12	2.80	0.64	15	3.11	0.70	18	3.15	0.67	15	2.73	0.58	14	2.94	0.66	17	3.09	0.66
Emotionale Valenz	12	3.29	0.28	15	3.3	0.48	17	3.01	0.69	15	3.17	0.44	14	3.21	0.41	17	3.59	0.35
Wertbezogene Valenz	12	3.19	0.45	15	3.28	0.38	18	2.83	0.55	15	2.78	0.41	14	3.00	0.47	17	3.37	0.53
Epistemische Valenz	12	2.92	0.47	15	2.90	0.42	18	2.46	0.62	15	2.53	0.65	14	2.78	0.44	17	3.23	0.49
Empfundene Aufgabenschwierigkeit	12	3.58	0.67	16	3.75	1.06	18	2.89	1.18	15	3.73	1.28	14	3.36	1.28	17	2.88	0.99
Investierte Denkanstrengung	12	5.08	0.90	16	5.25	0.68	18	5.00	0.77	15	4.53	1.41	14	4.64	1.22	17	4.59	1.18

## 6.2 Forschungsfrage 1: Kontextmerkmale und situationales Interesse

### Einschätzungen der Kontexte nach Alltagsbezug, Besonderheit sowie wahrgenommene Authentizität und Einfluss auf das situationale Interesse

Hypothesen:

H1: Die sechs Forschungskontexte unterscheiden sich hinsichtlich der Kontextmerkmale Alltagsbezug, Besonderheit und wahrgenommene Authentizität.

H2: Die Ausprägungen der emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Valenzen bei Lehramtsstudierenden unterscheiden sich während des Lernprozesses signifikant zwischen den einzelnen Forschungskontexten und den Geschlechtern.

H3: Die Kontextmerkmale Alltagsbezug, Besonderheit und wahrgenommene Authentizität korrelieren signifikant positiv mit den drei Valenzen des situationalen Interesses während des Lernprozesses.

Die Forschungsfrage 1 soll Aufschluss über die Einschätzung der Kontextmerkmale (vgl. Kapitel 2.2.1), das situationale Interesse (vgl. Kapitel 2.3.2.2) der Lehramtsstudierenden und mögliche Zusammenhänge zwischen beidem geben. Zunächst werden im Kapitel 6.2.1 die Hypothesen 1 und 2 geprüft. Anschließend folgt die Ergebnisdarstellung der Hypothese 3 in Kapitel 6.2.2.

### 6.2.1 Hypothesen 1 & 2

Zur Prüfung der Hypothesen 1 und 2 werden einfaktorielle univariate Varianzanalysen ohne Messwiederholung durchgeführt und mit Post-Hoc-Tests nach Bonferroni auf einem Signifikanzniveau für den Fehler 1. Art von  $\alpha = 5\%$  ergänzt. So können gemäß Hypothesen mögliche Effekte der unabhängigen Variable Kontext bzw. Geschlecht auf die jeweils abhän-

gige Variable der Kontrollvariablen, Kontextmerkmale – Alltagsbezug, Besonderheit, wahrgenommene Authentizität – sowie des situationalen Interesses mit den emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Valenzen einzeln analysiert werden. In der Ergebnisdarstellung werden die Effektstärkeindizes partielles  $\eta^2$  nach Cohen (Cohen, 1988) aufgeführt ( $\eta_p^2 = .01$  kleiner Effekt,  $\eta_p^2 = .06$  mittlerer Effekt,  $\eta_p^2 = .14$  großer Effekt).

Die Voraussetzungen für die einfaktoriellen univariaten Varianzanalysen (ANOVA) ohne Messwiederholung sind größtenteils erfüllt. Die Unabhängigkeit der Messwerte innerhalb der Interventionsgruppe kann aufgrund der unabhängigen und randomisiert erfolgten Einteilung nach den sechs Lernkontexten angenommen werden. Die Normalverteilung der Daten innerhalb der sechs Gruppen und gesamt ist lediglich in vereinzelten Fällen verletzt. Aktuelle Studien weisen darauf hin, dass eine einfaktorielle ANOVA robust gegenüber Verletzungen der Normalverteilung ist, insbesondere bei gleicher Stichprobengröße innerhalb der Gruppen (Blanca et al., 2017; Schmider et al., 2010). Es werden – beurteilt mit dem Box-Blot – keine extremen, nur vereinzelt leichte Ausreißer gefunden. Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen ist gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt ( $p > .05$ ). Gemäß der in dieser Arbeit vorliegenden Stichprobenverteilung im zweiteiligen Begleittest (siehe Tabelle 32) wird auf ein nicht parametrisches Testverfahren, Kruskal-Wallis-Test, verzichtet.

### *Kontrollvariablen zur kognitiven Belastung*

Um zu überprüfen, ob sich die beiden Kontrollvariablen *wahrgenommene Aufgabenschwierigkeit* und *investierte Denkanstrengung* während der Intervention im zweiteiligen Begleittest über die sechs verschiedenen Lernkontexte hinweg unterscheiden, werden einschließlich der deskriptiven Statistik auch Varianzanalysen für unabhängige Stichproben gerechnet. Die sechs Lernkontexte haben keinen signifikanten Einfluss auf *wahrgenommene Aufgabenschwierigkeit*,  $F(5, 86) = 2.11$ ,  $p = .072$  oder auf die *investierte Denkanstrengung*,  $F(5, 86) = 1.25$ ,  $p = .294$ . Entsprechend der Resultate zeigt sich, dass die Studierenden in allen

sechs Lernkontexten einer vergleichbaren, mittleren bis leicht hohen kognitiven Belastung (siehe Tabelle 32) ausgesetzt waren. Im Vergleich zwischen den Geschlechtern lassen sich hinsichtlich der Variable *wahrgenommene Aufgabenschwierigkeit* signifikante Unterschiede feststellen,  $F(1, 90) = 4.31, p = .041, \eta_p^2 = .05$ . Probandinnen schätzten die Aufgabenschwierigkeit insgesamt signifikant höher ein als die Probanden ( $M_s = 3.57$  vs.  $3.09, SD_s = 1.21$  vs.  $1.02, N = 47$  vs.  $45$ ). Dagegen unterscheidet sich das Antwortverhalten der Geschlechter in Bezug auf die *investierte Denkanstrengung* nicht signifikant,  $F(1, 90) = 2.01, p = .160$ .

Die Analyse möglicher Korrelationen (bivariate Pearson-Korrelation) der Kontrollvariablen zur kognitiven Belastung mit den weiteren Begleitstetdaten macht signifikante Einflüsse auf die *epistemische Valenz* deutlich: Die Einschätzung der *wahrgenommenen Aufgabenschwierigkeit* und diejenige der *epistemischen Valenz* korrelieren negativ ( $r = -.31, p < .01, N = 91$ ). Je tiefer die Aufgabenschwierigkeit von Proband\*innen eingeschätzt wird, desto höher ist die Ausprägung ihrer epistemischen Valenz und umgekehrt. In Bezug auf die *investierte Denkanstrengung* zeigt sich bei der *epistemischen Valenz* ebenfalls eine negative Korrelation ( $r = -.24, p < .05, N = 91$ ). Je tiefer die investierte Denkanstrengung angegeben wurde, desto höher ist die Ausprägung der epistemischen Valenz und umgekehrt. Ein weiterer Effekt zeigt sich zwischen der *wahrgenommenen Aufgabenschwierigkeit* und dem Kontextmerkmal *Alltagsbezug* ( $r = -.23, p < .05, N = 92$ ): Proband\*innen schätzen die Aufgabe weniger schwierig ein, wenn sie Kontexte zuvor mit einem hohen Alltagsbezug eingestuft haben. Je höher also die Kontexte von Proband\*innen bezüglich Alltagsbezug eingeschätzt wurden, desto geringer war die anschließende Wahrnehmung der Aufgabenschwierigkeit. Die beiden Kontrollvariablen korrelieren positiv ( $r = .32, p < .01, N = 91$ ). Bei allen drei Effekten handelt es sich gemäß Cohen (1988) um jeweils mittlere Effekte.

### *Kontextmerkmale Alltagsbezug und Besonderheit*

Um die sechs verschiedenen Lernkontexte hinsichtlich der Merkmale Alltagsbezug und Besonderheit zu charakterisieren, schätzten alle Pro-

band\*innen der Interventionsgruppe anhand einer vereinheitlichten Beschreibung der sechs Forschungsprojekte den Grad der Ausprägungen einzeln ein. Danach erfolgte aufgrund einer freiwilligen Gruppenbildung von jeweils zwei bis vier Personen eine randomisierte Zuteilung der Kontexte 1–6 für den weiteren Modulverlauf.

Die Ergebnisse der ANOVA zum *Kontextmerkmal Alltagsbezug* zeigen einen signifikanten Effekt des Kontexts auf,  $F(5, 636) = 21.36$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .14$ . Der Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur weist auf einen signifikanten Unterschied ( $p < .001$ ) des Alltagsbezugs im Kontext 2 im Vergleich zu den anderen Kontexten hin. Der Kontext 2 wird in Bezug auf das Merkmal Alltagsbezug signifikant tiefer bewertet (Kontext 2 zu 1:  $M_{Diff} = -0.62$ , 95 %-KI [- 0.87, - 0.36]; Kontext 2 zu 3:  $M_{Diff} = -0.58$ , 95 %-KI [- 0.84, - 0.32]; Kontext 2 zu 4:  $M_{Diff} = -0.73$ , 95 %-KI [- 0.99, - 0.47]; Kontext 2 zu 5:  $M_{Diff} = -0.77$ , 95 %-KI [- 1.02, - 0.51], Kontext 2 zu 6:  $M_{Diff} = -0.70$ , 95 %-KI [- 0.96, - 0.44]). Beim Kontext 2 handelt es sich thematisch um *Latentspeicher für Heiz- und Kühlanwendungen*. Die restlichen Kontexte unterscheiden sich nicht signifikant. Die Mittelwerte aller sechs Lernkontexte in Bezug auf den Alltagsbezug ( $M = 2.46$  bis  $M = 2.66$ ) befinden sich – davon ausgenommen Kontext 2 ( $M = 1.89$ ) – in einem mittleren Bereich (siehe Tabelle 32). Die um den Faktor Geschlecht erweiterte Analyse zeigt keinen Unterschied zwischen den Probandinnen und Probanden betreffend die Einschätzung des Kontextmerkmals Alltagsbezug,  $F(1, 640) = 0.11$ ,  $p = .735$ .

Die Ergebnisse der ANOVA zum *Kontextmerkmal Besonderheit* weisen einen signifikanten Effekt des Kontexts auf,  $F(5, 636) = 28.80$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .18$ . Der Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur zeigt einen signifikanten Unterschied ( $p < .001$ ) des Kontextmerkmals Besonderheit im Kontext 2 gegenüber den anderen Kontexten. Im Vergleich zu den anderen fünf Kontexten wird der Kontext 2 in Bezug auf das Merkmal Besonderheit signifikant höher bewertet (Kontext 2 zu 1:  $M_{Diff} = 0.70$ , 95 %-KI [0.41, 1.00]; Kontext 2 zu 3:  $M_{Diff} = 0.71$ , 95 %-KI [0.42, 1.01]; Kontext 2 zu 4:  $M_{Diff} = 0.97$ , 95 %-KI [0.67, 1.26]; Kontext 2 zu 5:  $M_{Diff} = 1.00$ , 95 %-KI [0.70, 1.29], Kontext 2 zu 6:  $M_{Diff} = 0.99$ , 95 %-KI [0.69, 1.29]). Bei den übrigen Kontexten finden sich keine signi-

fikanten Unterschiede. Die Mittelwerte aller sechs Lernkontexte in Bezug auf das Merkmal Besonderheit ( $M = 1.91$  bis  $M = 2.20$ ) liegen – davon ausgenommen Kontext 2 ( $M = 2.90$ ) – in einem tiefen Bereich (siehe Tabelle 32). Betrachtet man die Ergebnisse der Kontexteinschätzung Besonderheit getrennt nach Geschlechtern zeigt sich kein Unterschied zwischen den Frauen und Männern,  $F(1, 640) = 0.48, p = .488$ .

Wie in der Korrelationsmatrix (bivariate Korrelation nach Pearson) der Variablen zum zweiteiligen Begleittest in der Tabelle 31 ersichtlich, korrelieren die Kontextmerkmale Alltagsbezug und Besonderheit signifikant negativ ( $r = -.76, p < .01, N = 642$ ). Je höher das Merkmal Alltagsbezug in einem Kontext eingeschätzt wird, desto geringer wird das Merkmal Besonderheit eingeschätzt und umgekehrt. Dabei handelt es sich nach Cohen (1988) um einen starken Effekt.

### *Kontextmerkmal wahrgenommene Authentizität beim Lernen in Kontexten*

Während des Lernprozesses in den Laboren der technischen Hochschule wurden innerhalb der einzelnen Kontexte die wahrgenommene Authentizität sowie die Interessensvalenzen erhoben. Die ANOVA zur wahrgenommenen Authentizität zeigt keinen Effekt der Lernkontexte,  $F(5, 85) = 1.05, p = .393$ . Alle sechs Forschungsprojekte werden von den Studierenden in einem ähnlichen Antwortverhalten als mittel bis hoch authentisch eingeschätzt (siehe Tabelle 32).

Die Boxplot-Analyse (siehe Abbildung 30) verdeutlicht, dass die Antworten innerhalb der Kontextgruppen breit gestreut sind. Die Analyse des Faktors Geschlecht zeigt keinen Einfluss bezüglich Geschlechterzugehörigkeit auf die wahrgenommene Authentizität über alle sechs Lernkontexte hinweg,  $F(1, 89) = 1.11, p = .263$ .

Die Analyse möglicher Korrelationen zwischen dem Alltagsbezug ( $r = .20, p > .05, N = 91$ ) und der Besonderheit ( $r = -.15, p > .05, N = 91$ ) auf die anschließend wahrgenommene Authentizität beim Lernen zeigt insgesamt keine signifikanten Effekte.

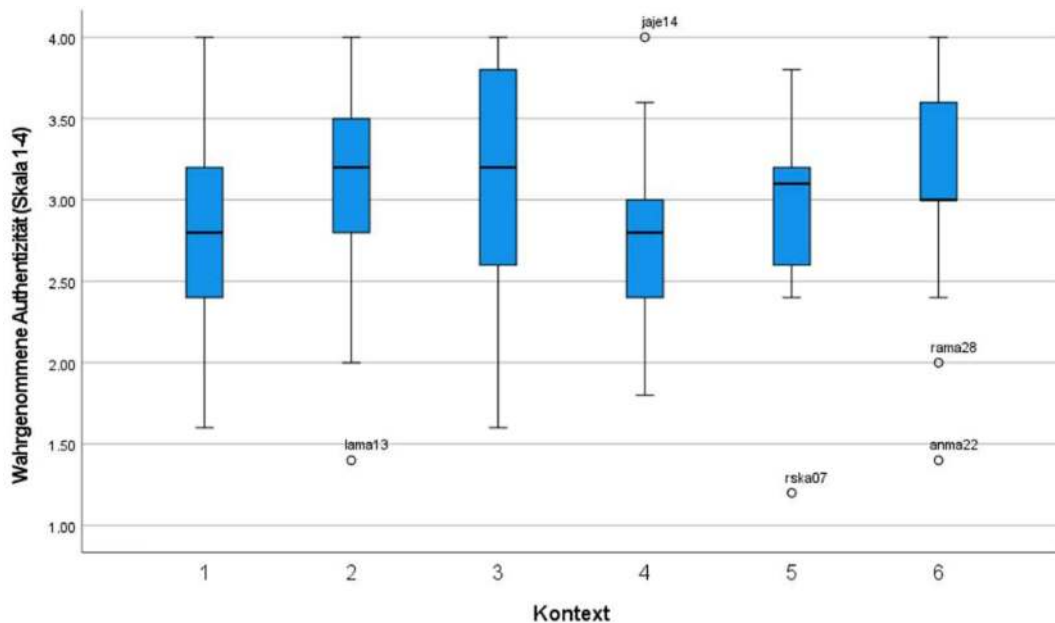


Abbildung 30: Boxplot zur wahrgenommenen Authentizität über alle sechs Kontexte im Begleittest II innerhalb der Interventionsgruppe ( $N = 91$ )

### Zu Hypothese 1

Als Ergebnis der einfaktoriellen Varianzanalysen kann die Hypothese 1 teilweise bestätigt werden. Hinsichtlich der Kontextmerkmale Alltagsbezug und Besonderheit konnten zwischen Forschungskontexten signifikante Unterschiede gemessen werden, in Bezug auf das Kontextmerkmal wahrgenommene Authentizität jedoch nicht.

Nachfolgend werden die drei Valenzen des situationalen Interesses zur Klärung von Hypothese 2 analysiert.

#### *Emotionale Valenz des situationalen Interesses beim Lernen in Kontexten*

Die Ergebnisse der ANOVA zur *emotionalen Valenz des situationalen Interesses* zeigen einen signifikanten Effekt des Kontexts auf,  $F(5, 84) = 2.75$ ,  $p = .024$ ,  $\eta_p^2 = .14$ . Der Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur zeigt einzig einen signifikanten Unterschied ( $p < .01$ ) in den Werten zur emotionalen Valenz zwischen den Lernkontexten 6 und 3 ( $M_{Diff} =$



0.57, 95 %-KI [0.09, 1.06]). Studierende, die im Kontext 6 gelernt hatten, schätzten die emotionale Valenz signifikant höher ein als Studierende, die im Kontext 3 gelernt hatten ( $M_s = 3.59$  vs.  $3.01$ ,  $SD_s = 0.35$  vs.  $0.69$ ,  $N = 17$  vs.  $17$ ). Beim Kontext 6 geht es um *Licht für gesunde und produktive Arbeitsplätze*, beim Kontext 3 handelt es sich thematisch um *Werkstoffprüfung in kleinen Dimensionen*. Insgesamt wurden alle sechs Lernkontexte in den Mittelwerten zur emotionalen Valenz ( $M = 3.01$  bis  $M = 3.59$ ) hoch bis sehr hoch eingeschätzt (siehe Tabelle 32). Die weiterführende Analyse auf dem Faktor Geschlecht zeigt keinen Unterschied zwischen den Probandinnen und Probanden in Bezug auf die emotionale Valenz über alle sechs Lernkontexte hinweg,  $F(1, 88) = 0.15$ ,  $p = .702$ .

#### *Wertbezogene Valenz des situationalen Interesses beim Lernen in Kontexten*

Eine Analyse möglicher Einflüsse der Kontextzuordnung auf die *wertbezogene Valenz des situationalen Interesses* beim Lernen in den Kontexten anhand einer ANOVA ergibt einen signifikanten Effekt des Kontextes,  $F(5, 85) = 4.14$ ,  $p = .002$ ,  $\eta_p^2 = .20$ . Der Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur zeigt signifikante Unterschiede ( $p < .05$ ) in den Werten zur emotionalen Valenz zwischen den Lernkontexten 6 und 3 ( $M_{Diff} = .53$ , 95 %-KI [0.05, 1.02]) sowie 6 und 4 ( $M_{Diff} = 0.58$ , 95 %-KI [0.08, 1.09]). Studierende, die im Kontext 6 gelernt hatten, schätzten die wertbezogene Valenz signifikant höher ein als Studierende, die im Kontext 3 ( $M_s = 3.37$  vs.  $2.83$ ,  $SD_s = 0.53$  vs.  $0.55$ ,  $N = 17$  vs.  $18$ ) oder Kontext 4 ( $M_s = 3.37$  vs.  $2.78$ ,  $SD_s = 0.53$  vs.  $0.41$ ,  $N = 17$  vs.  $15$ ) gelernt hatten. Beim Kontext 4 handelt es sich um ein *Licht-Dosimeter zum Messen der Lichtintensität und deren Auswirkung auf den Melatoninspiegel*. Die Mittelwerte der wertbezogenen Valenz ( $M = 2.78$  bis  $M = 3.37$ ) befinden sich bei allen sechs Kontexten in einem mittleren bis hohen Bereich (siehe Tabelle 32). Betrachtet man die Ergebnisse getrennt nach Geschlechtern zeigt sich kein Unterschied zwischen den Frauen und Männern in Bezug auf die wertbezogene Valenz über alle sechs Lernkontexte hinweg,  $F(1, 89) = 0.45$ ,  $p = .506$ .

*Epistemische Valenz des situationalen Interesses beim Lernen in Kontexten*

Die Ergebnisse der ANOVA zur *epistemischen Valenz des situationalen Interesses* beim Lernen in Kontexten zeigen einen signifikanten Kontexteffekt auf,  $F(5, 85) = 1.34, p < .001, \eta_p^2 = .22$ . Der anschließende Post-Hoc-Vergleich mit Bonferroni-Korrektur zeigt signifikante Unterschiede in den Werten zur epistemischen Valenz zwischen den Lernkontexten 6 und 3 ( $M_{Diff} = 0.78, 95\% \text{-KI} [0.24, 1.32], p < .001$ ) bzw. 6 und 4 ( $M_{Diff} = 0.70, 95\% \text{-KI} [0.14, 1.27], p = .005$ ). Die epistemische Valenz beim Lernen innerhalb des Kontextes 6 wurde von Studierenden signifikant höher eingeschätzt als im Kontext 3 ( $M_s = 3.23$  vs.  $2.46, SD_s = 0.49$  vs.  $0.62, N = 17$  vs.  $18$ ) respektive im Kontext 4 ( $M_s = 3.23$  vs.  $2.53, SD_s = 0.49$  vs.  $0.65, N = 17$  vs.  $15$ ). Insgesamt befinden sich alle Mittelwerte der epistemischen Valenz des situationalen Interesses innerhalb der sechs verschiedenen Kontexte ( $M = 2.46$  bis  $M = 3.23$ ) in einem mittleren bis hohen Bereich (siehe Tabelle 32). Die Analyse auf dem Faktor Geschlecht zeigt keinen Unterschied zwischen den Probandinnen und Probanden in Bezug auf die epistemische Valenz über alle sechs Lernkontexte hinweg,  $F(1, 89) = 0.70, p = .405$ .

Wie in der Korrelationsmatrix (bivariate Korrelation nach Pearson) der Variablen zum Begleittest II in der Tabelle 31 ersichtlich, korrelieren die drei Valenzen zum situationalen Interesse signifikant (emotionale und wertbezogene Valenz:  $r = .63, p < .01, N = 90$ ; emotionale und epistemische Valenz:  $r = .60, p < .01, N = 90$ ; wertbezogene und epistemische Valenz:  $r = .67, p < .01, N = 91$ ). Die emotionale, wertbezogene und epistemische Valenz beeinflussen sich gegenseitig positiv. Dabei handelt es sich nach Cohen (1988) um starke Effekte.

**Zu Hypothese 2**

Als Ergebnis der einfaktoriellen Varianzanalysen kann die Hypothese 2 teilweise bestätigt werden. Die Ausprägungen der emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Valenzen bei den Lehramtsstudierenden unterscheiden sich signifikant zwischen einzelnen Forschungskontexten, jedoch nicht in Bezug auf den Faktor Geschlecht.

Fortfahrend werden die Analysen der Hypothesenprüfung 3 für die Fragestellung 1 präsentiert.

### 6.2.2 Hypothese 3

Um Hypothese 3 zu prüfen, werden im Folgenden mögliche Zusammenhänge der Kontextmerkmale und der Valenzen des situationalen Interesses mittels bivariater Korrelationen nach Pearson analysiert. Bei den Merkmalen Alltagbezug und Besonderheit werden pro Student bzw. Studentin nur Angaben aus demjenigen Kontext ( $N = 107$ ) einbezogen, in dem sie nach der Ersteinschätzung gelernt und die weiteren abhängigen Variablen eingeschätzt haben.

Wie aus Tabelle 31 hervorgeht, korreliert das Kontextmerkmal Alltagbezug signifikant positiv mit der emotionalen Valenz ( $r = .23$ ,  $p < .05$ ,  $N = 91$ ) sowie der epistemischen Valenz ( $r = .21$ ,  $p < .05$ ,  $N = 91$ ) während des Lernens, jedoch nicht mit der wertbezogenen Valenz des situationalen Interesses. Es handelt sich nach Cohen (1988) um schwache Effekte. Je höher der Alltagbezug der Kontexte eingeschätzt wurde, desto höher sind die Werte der emotionalen und der epistemischen Valenz der Proband\*innen beim Lernen in den Kontexten. Das Kontextmerkmal Besonderheit weist keine signifikanten Korrelationen mit den Valenzen des situationalen Interesses im Lernprozess auf. Die wahrgenommene Authentizität als weiteres Kontextmerkmal korreliert signifikant positiv mit allen drei Valenzen des situationalen Interesses während des Lernens in den Kontexten bei mittlerer Effektstärke: emotionale Valenz ( $r = .31$ ,  $p < .01$ ,  $N = 90$ ), wertbezogene Valenz ( $r = .40$ ,  $p < .01$ ,  $N = 91$ ) und epistemische Valenz ( $r = .31$ ,  $p < .01$ ,  $N = 91$ ). Je höher die wahrgenommene Authentizität der Kontexte, desto höher ist die Ausprägung der Interessenvalenzen des situationalen Interesses beim Lernen in den Kontexten. Auf eine weitere Unterteilung nach Kontexten wird aufgrund der kleinen Stichprobengröße ( $< 20$ ) an dieser Stelle verzichtet.

### Zu Hypothese 3

Auf der Basis der analysierten Daten mit bivariaten Korrelationen nach Pearson kann die Hypothese 3 nur teilweise gestützt werden. Das Kontextmerkmal Alltagsbezug korreliert signifikant positiv mit der emotionalen und epistemischen, jedoch nicht mit der wertbezogenen Valenz des situationalen Interesses. Das Kontextmerkmal Besonderheit weist keine signifikanten Korrelationen mit den drei Valenzen auf. Die wahrgenommene Authentizität korreliert signifikant positiv mit allen drei Interessensvalenzen.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Hypothesen zur Beantwortung der Fragestellung 2 präsentiert.

## 6.3 Forschungsfrage 2: Interventionswirkung

### Entwicklung des individuellen Physikinteresses, des fähigkeitsbezogenen Selbstkonzepts für Physik sowie der Technik- und Naturwissenschaftseinstellungen vom Prä- zum Posttest

Hypothesen:

H4: Es wird erwartet, dass sich bei der Interventionsgruppe positive Veränderungen der abhängigen Variablen (multivariat) mit genderspezifischen Effekten messen lassen.

H5: Es wird erwartet, dass sich bei der Interventionsgruppe positive Veränderungen (univariat) mit genderspezifischen Effekten bei den Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik und dem physikbezogenen Selbstkonzept messen lassen.

H6: Aufgrund der persönlichen Fächerwahl der Lehramtsstudierenden für Naturwissenschaften (integrativ) wird ein bereits hoher Eingangswert der Interventionsgruppe beim individuellen Interesse erwartet, der sich über die Intervention hinweg nicht verändert.

H7: Es wird erwartet, dass sich die Entwicklung der abhängigen Variablen in der Interventions- und Kontrollgruppe unterscheidet.

Die Forschungsfrage 2 soll Aufschluss über mögliche Interventionswirkungen bei den Lehramtsstudierenden in Bezug auf affektive Merkmale (vgl. Kapitel 2.3) beim kontextualisierten Lernen im Rahmen des Lehr-Lern-Labor-Seminars geben. Zunächst werden im Kapitel 6.3.1 die Voraussetzungen von Interventions- und Kontrollgruppe geprüft. Darauf folgt im Kapitel 6.3.2 die Ergebnisdarstellung der Hypothesen 4 bis 6 und im Kapitel 6.3.3 die Darstellung der Hypothesenprüfung 7.

### 6.3.1 Prüfung der Voraussetzungen

Um zu überprüfen, ob sich die beiden Gruppen vor Interventionsbeginn hinsichtlich der abhängigen Variablen und Kontrollvariablen unterscheiden, werden ergänzend zur deskriptiven Statistik auch *t*-Tests für unabhängige Stichproben zweiseitig gerechnet (siehe Tabelle 33).

Tabelle 33: *t*-Test-Werte für unabhängige Stichproben zweiseitig, Prüfung des Selection Bias für die Interventions- und Kontrollgruppe im Prätest

Stichprobe	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
<b>Abhängige Variablen</b>			
Physikbezogenes individuelles Interesse Prä	- 0.46 (172)	.648	-
Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept Prä	- .031 (172)	.754	-
Einstellungen Technikwissenschaften Prä	- 1.42 (171)	.157	-
Einstellungen Naturwissenschaften Prä	0.14 (169)	.891	-
<b>Kontrollvariable</b>			
Extrinsische Lernmotivation Prä	-1.76 (172)	.081	-

Zum ersten Messzeitpunkt (Prämessung) liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe vor. Das Auftreten eines Selection-Bias (Döring & Bortz, 2016) aufgrund der Rekrutierung der Interventions- und Kontrollgruppe kann somit grundsätzlich ausgeschlossen werden (vgl. Kapitel 5.1). Allerdings gilt es zu beachten, dass die Proband\*innen der Kontrollgruppe alle auf freiwilliger Basis an der Studie teilgenommen haben, während die Teilnahme für diejenigen der Interventionsgruppe grundsätzlich ein fester Bestandteil des Seminars darstellte – mit Option auf Abbruch in begründeten Fällen.

Die Entwicklung der Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation wird zusätzlich pro Gruppe geprüft. Tabelle 34 stellt die Ergebnisse der gepaarten *t*-Tests für Interventions- und Kontrollgruppe gesamt sowie nach Geschlecht getrennt dar.

Tabelle 34: Kennwerte der gepaarten *t*-Tests zweiseitig für Prä- und Postmessung der Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation

Stichprobe	Gesamt ( <i>N</i> = 149 / <i>N</i> = 22)			Frauen ( <i>n</i> = 76 / <i>n</i> = 11)			Männer ( <i>n</i> = 73 / <i>n</i> = 11)		
	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
<b>Extrinsische Lernmotivation</b>									
Interventions- gruppe	2.72 (148)	.007	0.22	2.28 (75)	.026	0.26	1.50 (72)	.138	-
Kontroll- gruppe	-0.13 (21)	.896	-	-0.18 (10)	.858	-	0.00	1.00	-

Der Wert der Kontrollvariable entwickelt sich in den beiden Gruppen unterschiedlich. Während die extrinsische Lernmotivation bei der Interventionsgruppe signifikant steigt (*Ms* = 2.05 vs. 1.93, *SDs* = 0.60 vs. 0.61),  $t(148) = 2.72$ ,  $p = .007$ ,  $d = 0.22$ , sind bei der Kontrollgruppe keine signifikanten Veränderungen messbar. Ein Geschlechtervergleich innerhalb der Interventionsgruppe zeigt, dass die Zunahme der extrinsischen Lernmotivation sich nur auf die Probandinnen (*Ms* = 2.13 vs. 1.97, *SDs* = 0.60 vs. 0.61) zurückführen lässt,  $t(75) = 2.28$ ,  $p = .026$ ,  $d = 0.26$ .

Interventions- und Kontrollgruppe unterscheiden sich zum Messzeitpunkt des Posttests insgesamt nicht signifikant,  $t(171) = -0.69$ ,  $p > .05$ ,  $d = -0.16$ , die Kontrollgruppe weist leicht höhere Mittelwerte zu beiden Messzeitpunkten auf. Beide Gruppen weisen bei einer Skala von 1 bis 4 (1 = tiefster Wert, 4 = höchster Wert) im Bereich der extrinsischen Lernmotivation moderate Werte zu beiden Messzeitpunkten auf (Interventionsgruppe:  $M_s = 2.05$  vs.  $1.93$ ,  $SD_s = 0.60$  vs.  $0.61$ , Kontrollgruppe:  $M_s = 2.15$  vs.  $2.17$ ,  $SD_s = 0.63$  vs.  $0.61$ ).

Nachfolgend werden die Ergebnisse entlang der Hypothesenprüfung 4 bis 6 präsentiert.

### 6.3.2 Hypothesen 4–6

Um die Effekte der unabhängigen Variablen Gruppenzugehörigkeit, Zeit und Geschlecht auf die abhängigen Variablen physikbezogenes individuelles Interesse, physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, Einstellungen Technik- und Naturwissenschaften zu untersuchen, wird eine gemischte zwei- und dreifaktorielle multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholung (MANOVA with repeated measures) auf dem Innersubjektfaktor Zeit auf einem Signifikanzniveau für den Fehler 1. Art von  $\alpha = 5\%$  durchgeführt. In der Ergebnisdarstellung werden die Effektstärkeindizes partielles  $\eta^2$  nach Cohen (Cohen, 1988) aufgeführt ( $\eta_p^2 = .01$  kleiner Effekt,  $\eta_p^2 = .06$  mittlerer Effekt,  $\eta_p^2 = .14$  großer Effekt).

Die Voraussetzungen für die gemischte zwei- und dreifaktorielle multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholung (MANOVA with repeated measures) sind größtenteils erfüllt. Die Unabhängigkeit der Messwerte in Interventions- und Kontrollgruppe konnte angenommen werden, da die Interventionsgruppe ein unabhängiges Treatment erhielt. Die Korrelationen zwischen den abhängigen Variablen sind in beiden Gruppen sowie gesamt berechnet gering ( $r < .90$ ), was darauf hindeutet, dass Multikollinearität die Analyse nicht konfundiert. Die Normalverteilung der Daten in beiden Gruppen ist lediglich in vereinzelt Fällen verletzt. Eine Verletzung der Normalverteilung ist bei genügend großen Stichproben weniger problematisch (Döring & Bortz, 2016). Es gilt fest-

zuhalten, dass die Kontrollgruppe und die Interventionsgruppe sich im Stichprobenumfang deutlich voneinander unterscheiden. Es wurden keine multivariaten Ausreißer gefunden, gemessen durch die Mahalanobis-Distanz ( $p > .001$ ). Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen war gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt ( $p > .05$ ). Homogenität der Kovarianz-Matrizen war gemäß dem Box-Test gegeben (Interventionsgruppe:  $p = .083$ , Kontrollgruppe:  $p = .166$ ). Zusätzlich wurde eine Messinvarianzprüfung für den Faktor Zeit und Gruppe durchgeführt (vgl. Kapitel 5.3.2).

Zur Prüfung der Hypothesen 4, 5 und 6 wird eine zweifaktorielle MANOVA und zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf dem Innersubjektfaktor Zeit mit singulärer Betrachtung der Interventions- und Kontrollgruppe durchgeführt.

Die multivariaten Tests erbringen innerhalb der Interventionsgruppe einen signifikanten Haupteffekt des Geschlechts für die kombinierten abhängigen Variablen,  $F(4, 138) = 9.32, p < .001, \eta_p^2 = .21, Wilks \Lambda = .79$  und einen signifikanten Haupteffekt der Zeit für die kombinierten abhängigen Variablen,  $F(4, 138) = 3.60, p < .01, \eta_p^2 = .09, Wilks \Lambda = .91$ . Ein Gruppenvergleich zwischen den Geschlechtern zeigt, dass dieser Effekt der Zeit nur bei den Probandinnen signifikant ausfällt,  $F(4, 70) = 3.85, p < .01, Wilks \Lambda = .82$ . Bei der Kontrollgruppe werden keine Haupt- oder Interaktionseffekte bei den multivariaten Tests gemessen.

Die univariaten Tests weisen innerhalb der Interventionsgruppe beim Innersubjektfaktor Zeit auf einen statistisch signifikanten Unterschied für das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept hin,  $F(1, 141) = 8.33, p < .01, \eta_p^2 = .06$ . Der Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur zeigt für das Fähigkeitsselbstkonzept auf, wie sich die Werte der Messzeitpunkte eins und zwei unterscheiden ( $M_{Diff} = 0.08, 95\% \text{-KI} [0.02, 0.13]$ ). Ein Gruppenvergleich zwischen den Geschlechtern zeigt, dass dieser Effekt nur bei den Probandinnen signifikant ausfällt,  $F(1, 70) = 9.09, p < .01, \eta_p^2 = .11$ . Die Interventionsgruppe weist zum ersten Messzeitpunkt tiefere Werte für die abhängige Variable auf als zum Messzeitpunkt zwei. Bei der Kontrollgruppe werden keine Haupt- oder Interaktionseffekte bei den univariaten Tests gemessen. Nachfolgend werden in der Abbildung



31 die geschätzten Randmittel des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts nach Geschlecht getrennt für die Interventionsgruppe und in der Abbildung 32 für die Kontrollgruppe präsentiert.

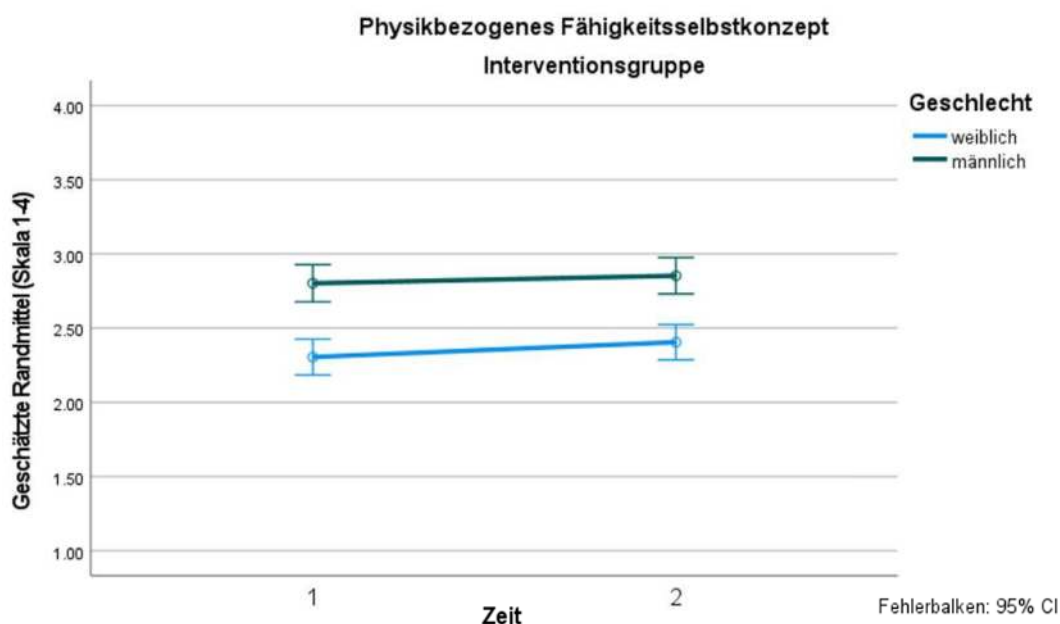


Abbildung 31: Entwicklung des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts in der Interventionsgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt

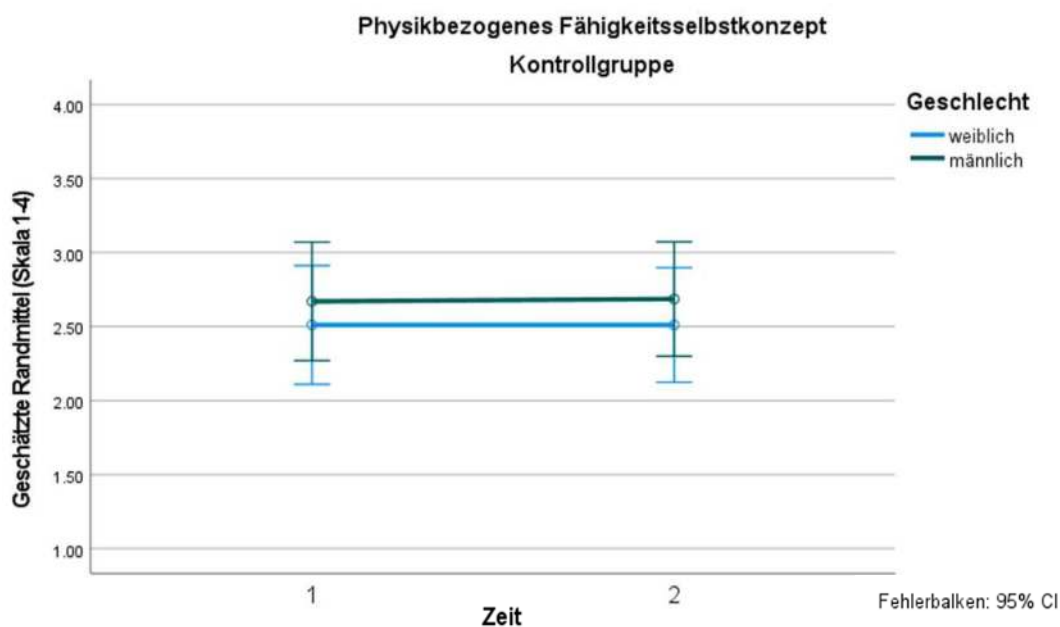


Abbildung 32: Entwicklung des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts in der Kontrollgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt

Weiter werden bei den univariaten Tests innerhalb der Interventionsgruppe geschlechtsspezifische Unterschiede für das physikbezogene individuelle Interesse,  $F(1, 141) = 20.61, p < .001, \eta_p^2 = .13$ , und für das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept,  $F(1, 141) = 32.40, p < .001, \eta_p^2 = .19$ , gemessen. Der Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur zeigt die Geschlechterunterschiede für das individuelle Interesse ( $M_{Diff} = 0.31, 95\% \text{-KI} [0.18, 0.45]$ ) und das Fähigkeitsselbstkonzept ( $M_{Diff} = 0.47, 95\% \text{-KI} [0.31, 0.64]$ ) auf. Die Interventionsgruppe weist bei den beiden abhängigen Variablen zu beiden Messzeitpunkten für die Probandinnen tiefere Werte auf als für die Probanden. Nachfolgend werden in der Abbildung 33 die geschätzten Randmittel für das physikbezogene individuelle Interesse nach Geschlecht getrennt für die Interventionsgruppe und in der Abbildung 34 für die Kontrollgruppe dargestellt.

Die hohen Eingangswerte des physikbezogenen individuellen Interesses in der Interventions- und Kontrollgruppe weisen auf einen Deckeneffekt hin (siehe Abbildung 35): der Median der Prä-Daten für beide Gruppen ist größer 3.0 und 75% der Datenwerte (Quartil 2–4) befinden sich jeweils in der Spanne  $\geq 2.70 \leq 4.00$ , was eine signifikante Vergrößerung der Werte negativ beeinflussen kann (Döring & Bortz, 2016).

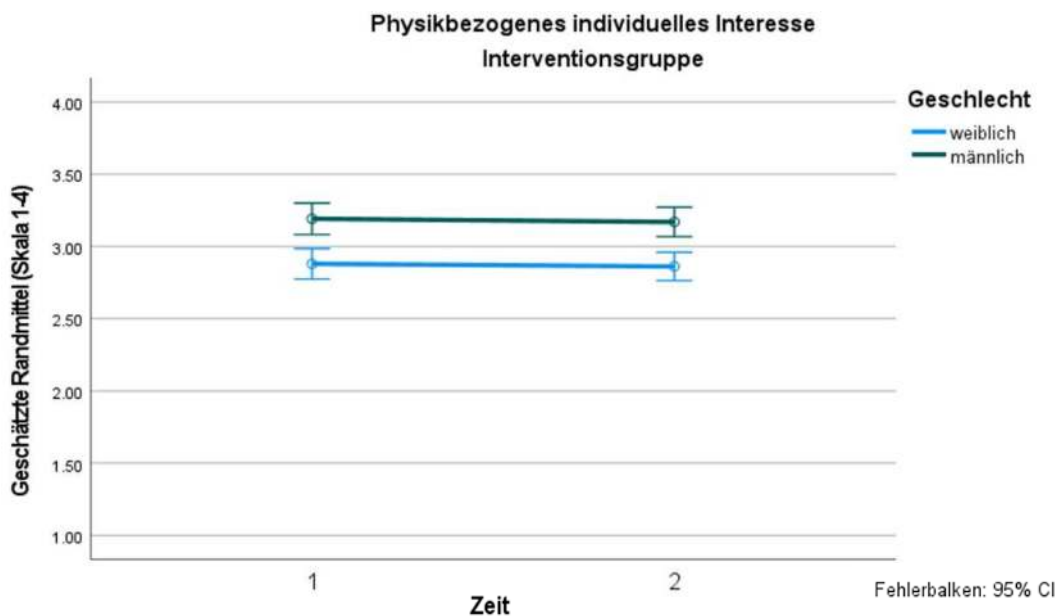


Abbildung 33: Entwicklung des physikbezogenen individuellen Interesses in der Interventionsgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt

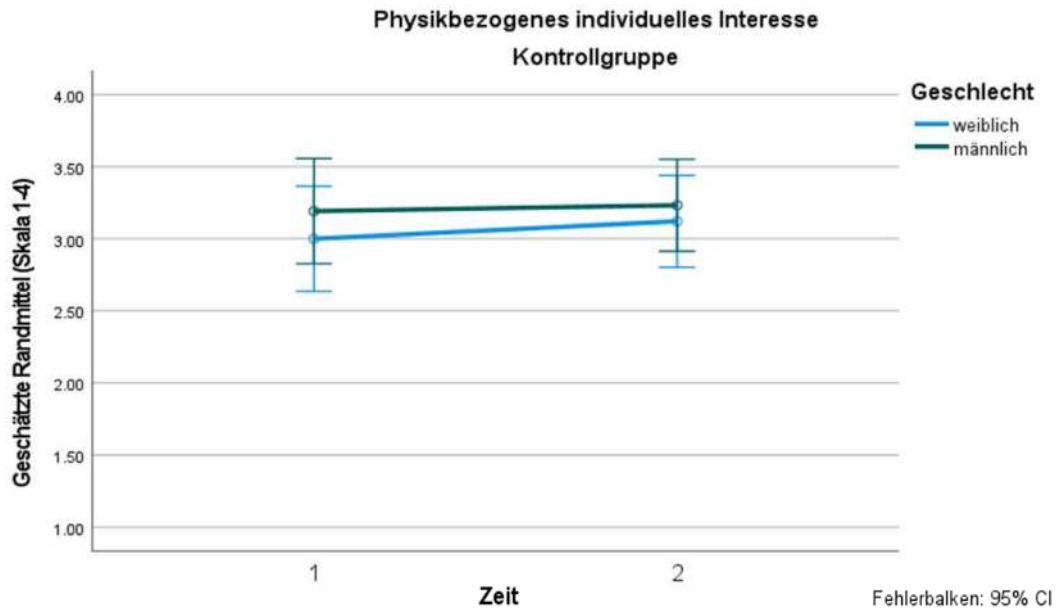


Abbildung 34: Entwicklung des physikbezogenen individuellen Interesses in der Kontrollgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt

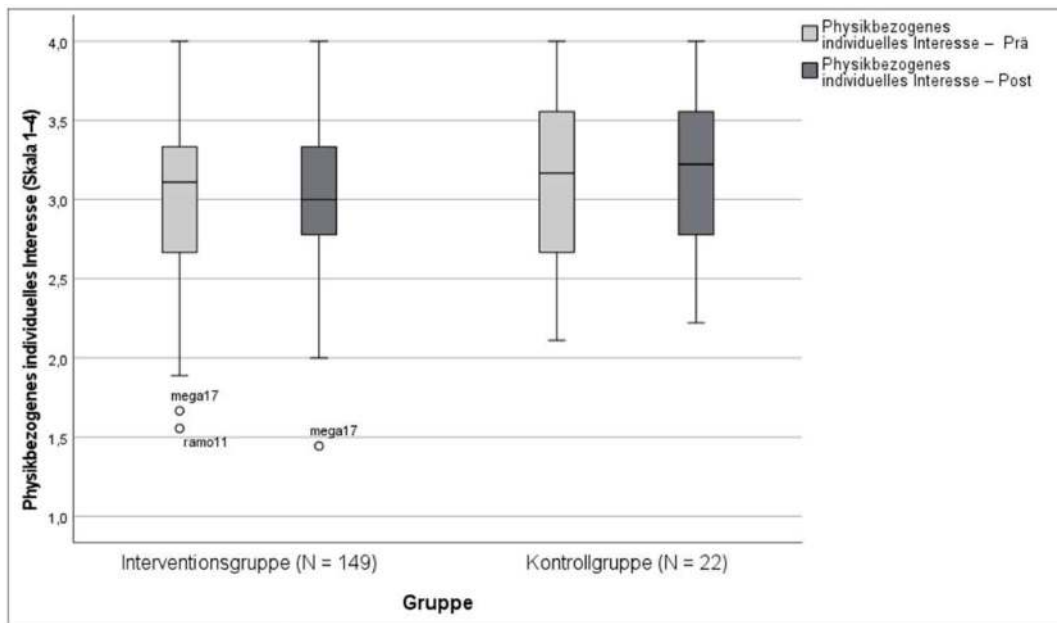


Abbildung 35: Boxplot zum individuellen Interesse zum Prä- und Postzeitpunkt in der Interventionsgruppe (N = 149) und der Kontrollgruppe (N = 22)

Bezüglich der abhängigen Variablen Einstellungen Technikwissenschaften (siehe Abbildung 36 und Abbildung 37) und Einstellungen Naturwissenschaften (siehe Abbildung 38 und Abbildung 39) können durch die univariaten Tests in der Interventions- und Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede über die Zeit gemessen werden.

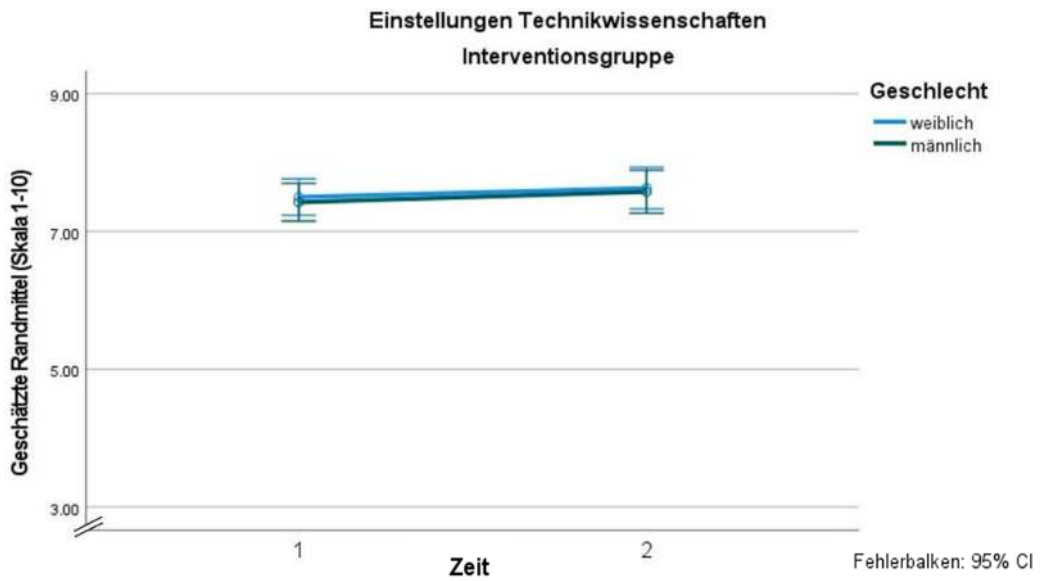


Abbildung 36: Entwicklung der Einstellungen Technikwissenschaften in der Interventionsgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt

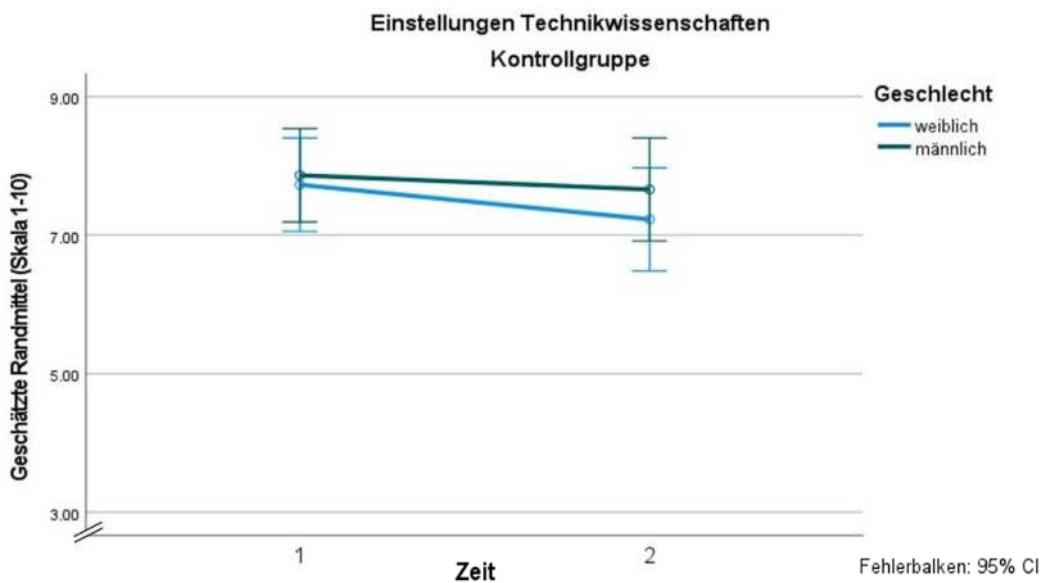


Abbildung 37: Entwicklung der Einstellungen Technikwissenschaften in der Kontrollgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt

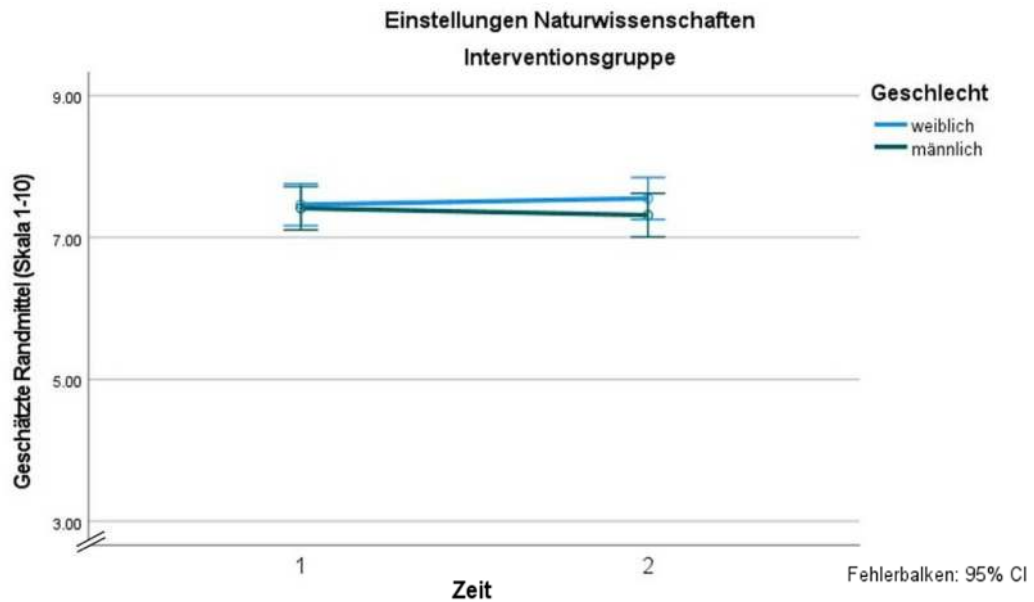


Abbildung 38: Entwicklung der Einstellungen Naturwissenschaften in der Interventionsgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt

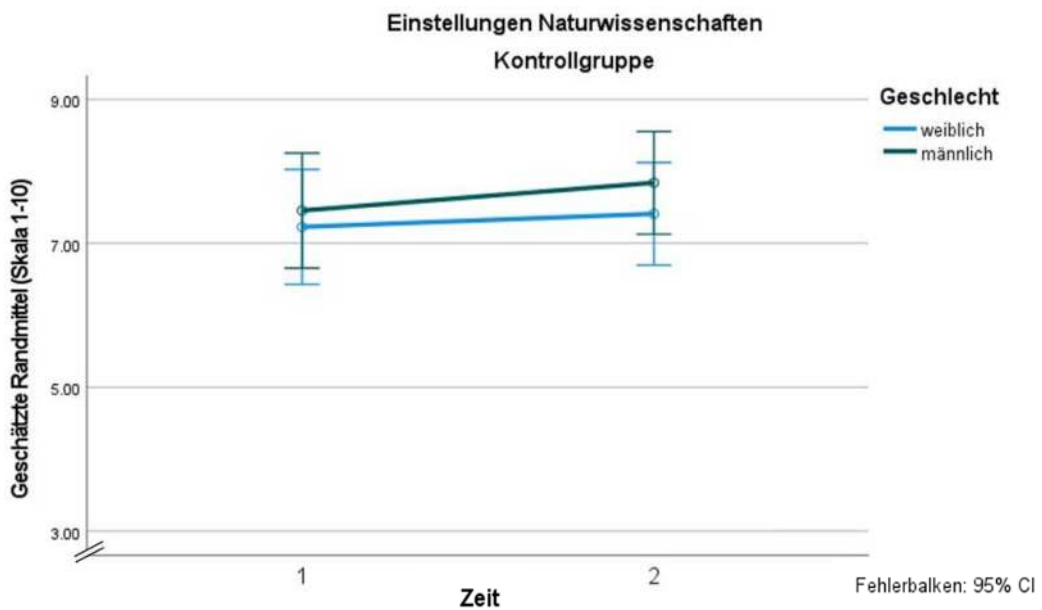


Abbildung 39: Entwicklung der Einstellungen Naturwissenschaften in der Kontrollgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt

Zur weiteren Beantwortung der Fragestellung 2 wird im folgenden Kapitel die Analyse der Daten zu Hypothese 7 präsentiert.

### Zu Hypothese 4–6

Auf Basis der Ergebnisse aus der multivariaten Varianzanalyse kann die Hypothese 4 bestätigt werden. Für die kombinierten abhängigen Variablen konnten innerhalb der Interventionsgruppe signifikante Haupteffekte der Faktoren Zeit und Geschlecht gemessen werden. Ein Gruppenvergleich zwischen den Geschlechtern zeigte, dass der Zeiteffekt nur bei den Probandinnen signifikant ausfällt.

Als Ergebnis der multi- und univariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung kann die Hypothese 5 teilweise bestätigt werden. Während beim physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept positive Veränderungen mit genderspezifischen Effekten innerhalb der Interventionsgruppe messbar waren, konnten in Bezug auf die Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden.

Die Hypothese 6 kann aufgrund der vorliegenden Analysen bestätigt werden. Es konnten hohen Eingangswerte des individuellen Interesses für Physik innerhalb der Interventionsgruppe gemessen werden, die sich über die Intervention hinweg nicht signifikant veränderten.

### 6.3.3 Hypothese 7

Zur Prüfung der Hypothese 7 wird eine dreifaktorielle MANOVA und dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf dem Innersubjektfaktor Zeit durchgeführt (siehe Tabelle 35). Zusätzlich ist vorab eine Messinvarianzprüfung für den Faktor Zeit und Gruppe durchgeführt worden (vgl. Kapitel 5.3.2).

Tabelle 35: Ergebnisse der multivariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung und den abhängigen Variablen physikbezogenes individuelles Interesse, physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, Einstellungen Technikwissenschaften, Einstellungen Naturwissenschaften (Wilks Lambda)

Effekt	df	SS	F	p	$\eta_p^2$
Between-subjects-Effekte					
Gruppe	4, 158	0.98	0.71	.588	.02
Geschlecht	4, 158	0.95	1.95	.105	.05
Gruppe x Geschlecht	4, 158	0.98	0.78	.538	.02
Within-subject-Effekte					
Zeit	4, 158	0.97	1.45	.221	.04
Zeit x Gruppe	4, 158	0.92	3.24	.014	.08
Zeit x Geschlecht	4, 158	1.00	0.19	.941	.01
Zeit x Gruppe x Geschlecht	4, 158	0.99	0.91	.870	.01

Anmerkung. SS = sum of squares (Quadratsumme)

Die multivariaten Tests zeigen einen signifikanten Interaktionseffekt zwischen der Zeit und den Untersuchungsgruppen für die kombinierten abhängigen Variablen,  $F(4, 158) = 0.92$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2 = .08$ , Wilks  $\Lambda = .92$ . Die nicht parallel zueinander verlaufenden Linien in den Diagrammen der abhängigen Variablen (siehe Abbildung 40, Abbildung 41, Abbildung 42 und Abbildung 43) bestätigen diesen Effekt visuell zusätzlich (Janczyk & Pfister, 2013).

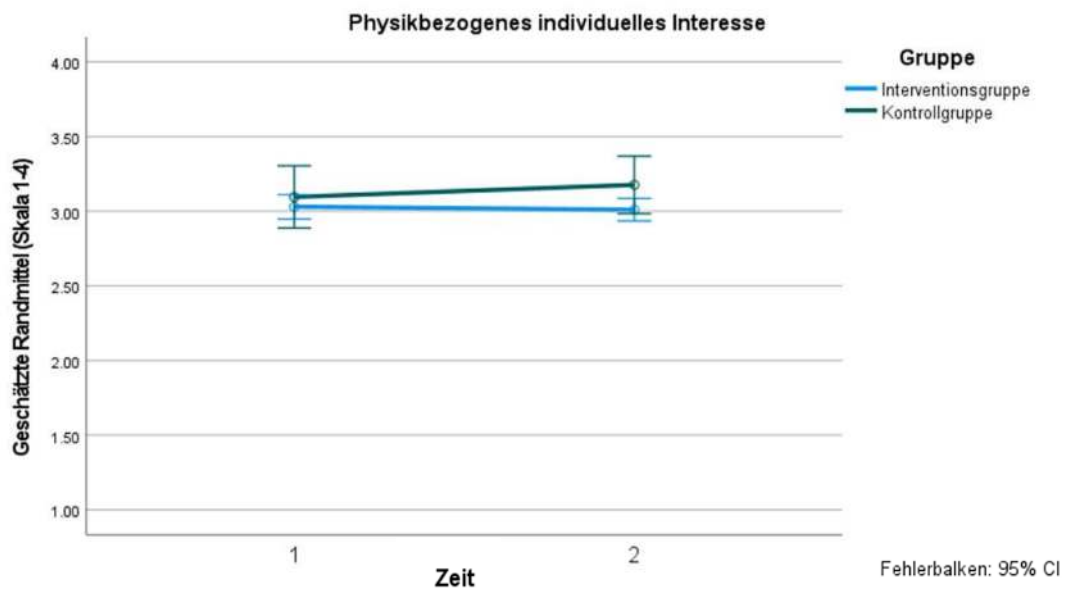


Abbildung 40: Entwicklung des physikbezogenen individuellen Interesses in der Interventions- und Kontrollgruppe

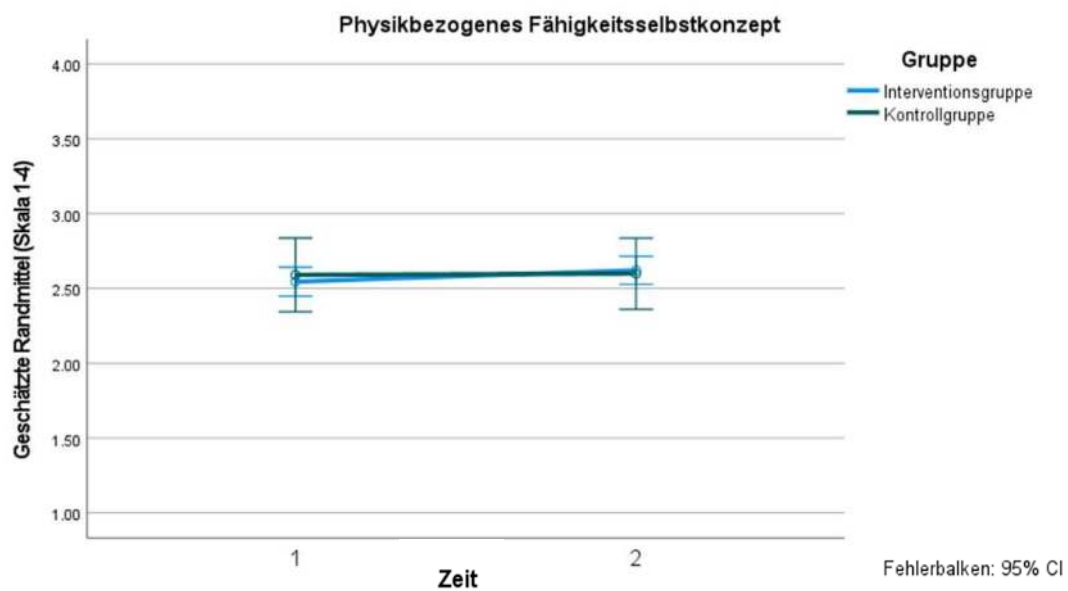


Abbildung 41: Entwicklung des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts in der Interventions- und Kontrollgruppe



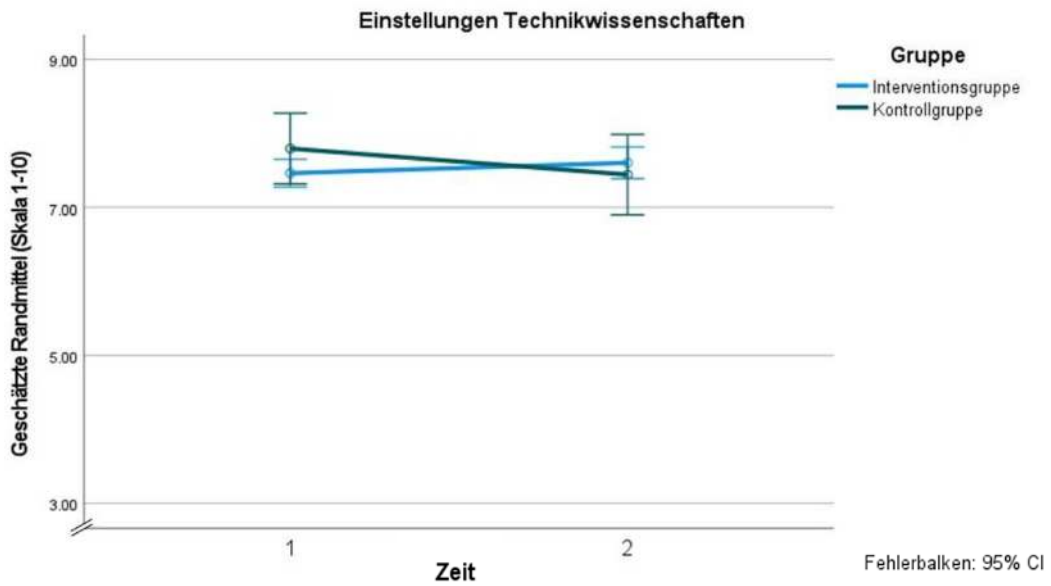


Abbildung 42: Entwicklung der Einstellungen Technikwissenschaften in der Interventions- und Kontrollgruppe

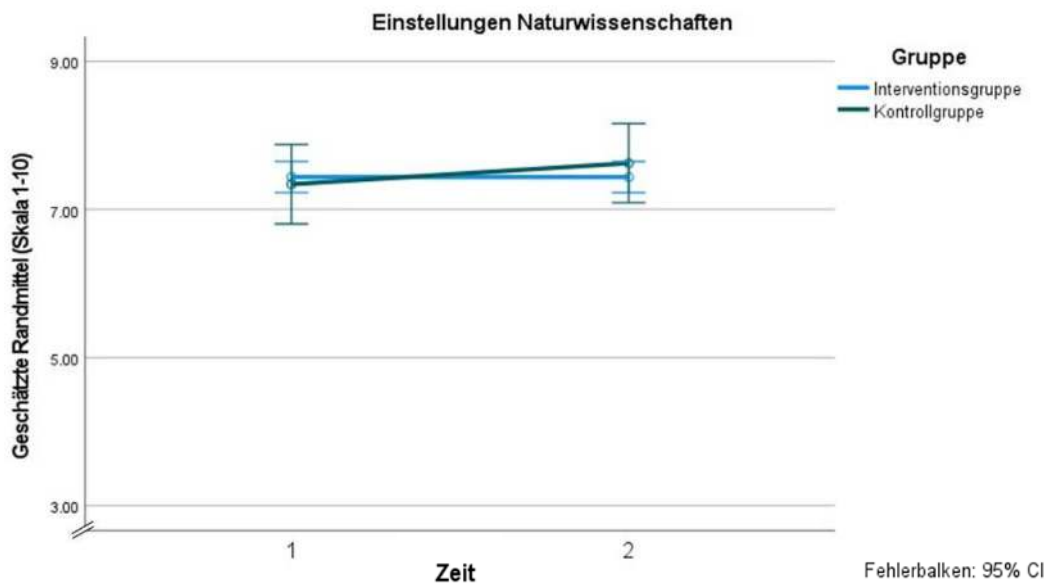


Abbildung 43: Entwicklung der Einstellungen Naturwissenschaften in der Interventions- und Kontrollgruppe

Um in der multivariaten Varianzanalyse zusätzlich den Einfluss der Variable extrinsische Lernmotivation zu beiden Messzeitpunkten zu kontrollieren, wird ergänzend eine dreifaktorielle multivariate Kovarianzanalyse mit Messwiederholung (MANCOVA) durchgeführt. Die Analysen der  $F$ -Test-Werte weisen keinen zusätzlich statistisch signifikanten Einfluss durch die Kovariate auf die Zwischen- und Innersubjektfaktoren auf. Daraus resultierend wird die Kontrollvariable für die weiteren Varianzanalysen nicht mehr miteinbezogen (Döring & Bortz, 2016).

Post-hoc wird für jede abhängige Variable eine dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf dem Innersubjektfaktor Zeit durchgeführt. Um der Alphafehlerkumulierung entgegenzuwirken, wird die Bonferroni-Korrektur beim multiplen Testen angewendet. Zunächst werden Effekte der Zwischensubjektfaktoren überprüft (siehe Tabelle 36). Und in einem zweiten Schritt findet die Überprüfung von Innersubjekteffekten statt (siehe Tabelle 37).

Es zeigt sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern für das physikbezogene individuelle Interesse,  $F(1, 161) = 5.63, p = .019, \eta_p^2 = .03$  und für das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept,  $F(1, 161) = 7.47, p = .007, \eta_p^2 = .04$ . Der Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur zeigt für das physikbezogene individuelle Interesse, inwiefern sich die Probandinnen von den Probanden unterscheiden ( $M_{Diff} = 0.23, 95\% \text{-KI} [0.04, 0.42]$ ). Der Post-Hoc-Test wird auch für das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept durchgeführt und belegt eine messbare Unterscheidung der Probandinnen und Probanden ( $M_{Diff} = 0.32, 95\% \text{-KI} [0.09, 0.55]$ ). Es lässt sich festhalten, dass die Probandinnen der Interventions- und Kontrollgruppe insgesamt zu beiden Messzeitpunkten tiefere Werte als die Probanden in den beiden abhängigen Variablen aufweisen.

Die univariaten Tests für jede abhängige Variable weisen keine statistisch signifikanten Haupt- oder Interaktionseffekte für den Innersubjektfaktor auf. Die Prüfung in Kapitel 6.3.2 entlang der Interventions- und Kontrollgruppe zeigt jedoch eine unterschiedliche Entwicklung des fähigkeitsbezogenen Selbstkonzepts innerhalb der beiden Gruppen

auf. Ein möglicher Rückschluss auf fehlende statistische Power der dreifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung für den Innersubjektfaktor wird in der Limitation diskutiert (vgl. Kapitel 7.5).

Tabelle 36: Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Between-subjects-Effekte

<b>Effekt</b>	<b>AV</b>	<b>df</b>	<b>SS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>	<b><math>\eta_p^2</math></b>
Gruppe	Physikbezogenes individuelles Interesse	1, 161	0.47	1.30	.257	.01
	Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept	1, 161	0.00	0.00	.978	.01
	Einstellungen Technikwissenschaften	1, 161	0.29	0.14	.711	.00
	Einstellungen Naturwissenschaften	1, 161	0.09	0.04	.849	.00
Geschlecht	Physikbezogenes individuelles Interesse	1, 161	2.03	5.63	.019	.03
	Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept	1, 161	3.90	7.47	.007	.04
	Einstellungen Technikwissenschaften	1, 161	0.46	0.22	.640	.00
	Einstellungen Naturwissenschaften	1, 161	0.33	0.14	.710	.00
Gruppe x Geschlecht	Physikbezogenes individuelles Interesse	1, 161	0.24	0.66	.417	.00
	Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept	1, 161	0.89	1.70	.194	.01
	Einstellungen Technikwissenschaften	1, 161	1.15	0.55	.461	.00
	Einstellungen Naturwissenschaften	1, 161	2.13	0.89	.346	.01

Tabelle 37: Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Within-subject-Effekte

<b>Effekt</b>	<b>AV</b>	<b>df</b>	<b>SS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>	<b><math>\eta_p^2</math></b>
Zeit	Physikbezogenes individuelles Interesse	1, 161	0.04	0.64	.427	.00
	Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept	1, 161	0.07	1.36	.245	.01
	Einstellungen Technikwissenschaften	1, 161	0.43	0.50	.485	.00
	Einstellungen Naturwissenschaften	1, 161	0.75	0.86	.354	.01
Zeit x Gruppe	Physikbezogenes individuelles Interesse	1, 161	1.00	1.74	.189	.01
	Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept	1, 161	0.04	0.88	.349	.01
	Einstellungen Technikwissenschaften	1, 161	2.32	2.67	.104	.02
	Einstellungen Naturwissenschaften	1, 161	0.79	0.92	.339	.01
Zeit x Geschlecht	Physikbezogenes individuelles Interesse	1, 161	0.02	0.31	.580	.00
	Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept	1, 161	0.00	0.05	.819	.00
	Einstellungen Technikwissenschaften	1, 161	0.24	0.28	.599	.00
	Einstellungen Naturwissenschaften	1, 161	0.00	0.00	.973	.00
Zeit x Gruppe x Geschlecht	Physikbezogenes individuelles Interesse	1, 161	0.01	0.25	.615	.00
	Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept	1, 161	0.01	0.21	.649	.00
	Einstellungen Technikwissenschaften	1, 161	0.18	0.20	.652	.00
	Einstellungen Naturwissenschaften	1, 161	0.36	0.42	.519	.00

### Zu Hypothese 7

Ausgehend von den Ergebnissen aus der multivariaten Varianzanalyse kann die Hypothese 7 bestätigt werden. Für die kombinierten abhängigen Variablen konnte ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen der Zeit und den Untersuchungsgruppen gemessen werden. Es lassen sich mithilfe der univariaten Tests pro abhängige Variable keine signifikanten Effekte für den Faktor Zeit messen.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Hypothesen zur Beantwortung der Fragestellung 3 aufgeführt.

## **6.4 Forschungsfrage 3: Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Konstrukten in der Interventionsgruppe**

### **Empirische Ermittlung von Zusammenhängen zwischen den erhobenen Konstrukten in der Interventionsgruppe**

Hypothesen:

H8: Das theoretische Modell Teilidentität für angehende Lehrpersonen für Naturwissenschaften und Technik nach Rabe und Krey (2018) kann empirisch mit einem passenden Modellfit bestätigt werden.

H9: Das Geschlecht hat im Modell von H8 einen direkten Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse und auf das Fähigkeitsselbstkonzept.

H10: Die Physiknote (Matura bzw. Abitur / Vorkurs) hat im Modell von H8 einen direkten Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse und auf das Fähigkeitsselbstkonzept.

Um die Forschungsfrage 3 zu beantworten, wird ein Strukturgleichungsmodell aufgrund einer theoretischen Fundierung erstellt und empirisch geprüft. Nach dem aktuellen Forschungsstand der Naturwissenschafts-

didaktik bezüglich Identitätsarbeit bzw. Identitätskonstruktion wird erwartet, dass sich aus den erhobenen Konstrukten individuelles Interesse, Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik sowie dem physikbezogenen Selbstkonzept für die Stichprobe eine Modellierung der Faktoren mit Zusammenhängen und möglichen Wirkungen als Teilidentität für angehende Lehrpersonen für Naturwissenschaften und Technik erstellen und berechnen lässt. Rabe und Krey (2018) entwickelten auf Grundlage traditioneller Identitätstheorien aus bildungspsychologischer Sicht ein umfassendes Modell zur Identität bzw. Identitätsarbeit, das verschiedene Identitätstheorien verbindet und anknüpfungsfähig für aktuelle Forschung in der Naturwissenschaftsdidaktik ist (vgl. Kapitel 2.4.3). Die Zusammenhänge dieser Konstrukte werden aufgrund der für diese Dissertation vorliegenden Postdaten der Interventionsgruppe anhand eines Strukturgleichungsmodells geprüft. Der Post-Erhebungszeitpunkt der Interventionsdaten wird aus Stabilitätsgründen gewählt. Aufgrund der Modellkomplexität und zugunsten der inhaltlichen Differenzierung werden die Einstellungen zu Technikwissenschaften und zu Naturwissenschaften nachfolgend in eigenständigen Strukturgleichungsmodellen geprüft.

#### **6.4.1 Hypothesen 8–10: Teilidentitätsmodell mit Einstellungen Technikwissenschaften**

Das erste Modell zeigt die aufgrund der theoretischen Fundierung modellierten Zusammenhänge des physikbezogenen individuellen Interesses, des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzeptes und der positiven Einstellungen gegenüber Technikwissenschaften auf. Aufgrund der Kovarianzen sind in diesem Modell 1a keine Varianzaufklärungen möglich. In einem zweiten und dritten Schritt werden zusätzlich die möglichen Prädiktoren Geschlecht (Modell 1b) und Physiknote des Maturitätsschulabschlusses bzw. des PH-Vorkurses (Modell 1c) für die Varianzaufklärung von Interesse und Selbstkonzept schrittweise in das Modell aufgenommen (siehe Tabelle 38).

Tabelle 38: Modellfit des Modells zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen für die Sekundarstufe I mit Einstellungen Technikwissenschaften zum Zeitpunkt des Posttests (Interventionsgruppe:  $N = 145$ )

Modell	$\chi^2$	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	AIC	BIC	$\Delta$ AIC	$\Delta$ BIC
Modell 1a sbk ~ int sbk ~ etw int ~ etw	142.38	116	.049	.98	.98	.04	.05	4697.50	4808.70	-	-
Modell 1b sbk ~ int sbk ~ etw int ~ etw int ~ geschlecht sbk ~ geschlecht	159.31	131	.047	.98	.97	.04	.05	4669.30	4786.50	-28.20	-22.20
Modell 1c sbk ~ int sbk ~ etw int ~ etw int ~ geschlecht + physiknote sbk ~ geschlecht + physiknote	171.77	146	.071	.98	.98	.04	.05	4515.00	4637.10	-182.50	-171.60

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Modellfits wird eine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR) verwendet.

Das Modell 1a in der Abbildung 44 kann gemäß den passenden Modellfit-Werten in der Tabelle 38 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999). Standardisierte Pfadkoeffizienten können ab einem Wert  $\geq 0.2$  bzw.  $-0.2$  als bedeutsam bzw. als bedeutsamer Zusammenhang betrachtet werden (Chin, 1998). Der Pfadkoeffizient der Kovarianz des physikbezogenen individuellen Interesses (INT) und des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts (SBK) weist einen sehr hohen Wert und somit einen hohen Zusammenhang auf ( $\varphi = .81, p < .001$ ). Die Kovarianz des physikbezogenen individuellen Interesses (INT) und der positiven Einstellungen für Technikwissenschaften (ETW) weist einen bedeutsamen Zusammenhang auf ( $\varphi = .39, p = .003$ ). Und der Pfadkoeffizient der Kovarianz des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts (SBK) und

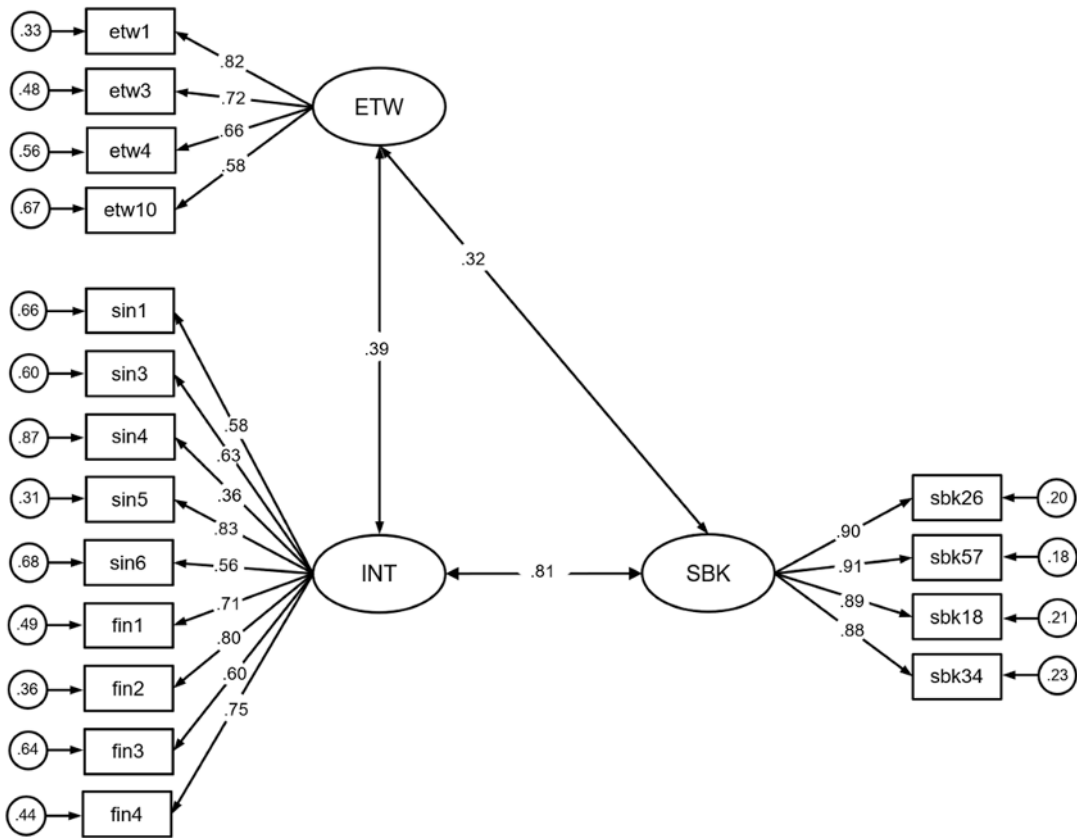


Abbildung 44: Strukturgleichungsmodell 1a zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselfkonzept, ETW = Einstellungen Technikwissenschaften

der positiven Einstellungen für Technikwissenschaften (ETW) weist ebenfalls einen bedeutsamen Zusammenhang auf ( $\varphi = .32, p = .005$ ).

Das Modell 1b in der Abbildung 45 wird um den Prädiktor Geschlecht erweitert und kann gemäß den passenden Modellfit-Werten in der Tabelle 38 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999). Der AIC- und BIC-Wert liegen im Modellvergleich bei 1b tiefer und der  $p$ -Wert unterscheidet sich nur marginal (Modell 1a:  $p = .049$ , Modell 1b:  $p = .047$ ), sodass dieses Modell 1b als besseres Modell angenommen werden kann (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die standardisierten Pfadkoeffizienten der drei Kovarianzen weisen einen bedeutsamen bis hohen Zusammenhang auf ( $\varphi_{\text{SBK} \leftrightarrow \text{INT}} = .78, p < .001, \varphi_{\text{INT} \leftrightarrow \text{ETW}} = .44, p = .002, \varphi_{\text{SBK} \leftrightarrow \text{ETW}} = .37,$



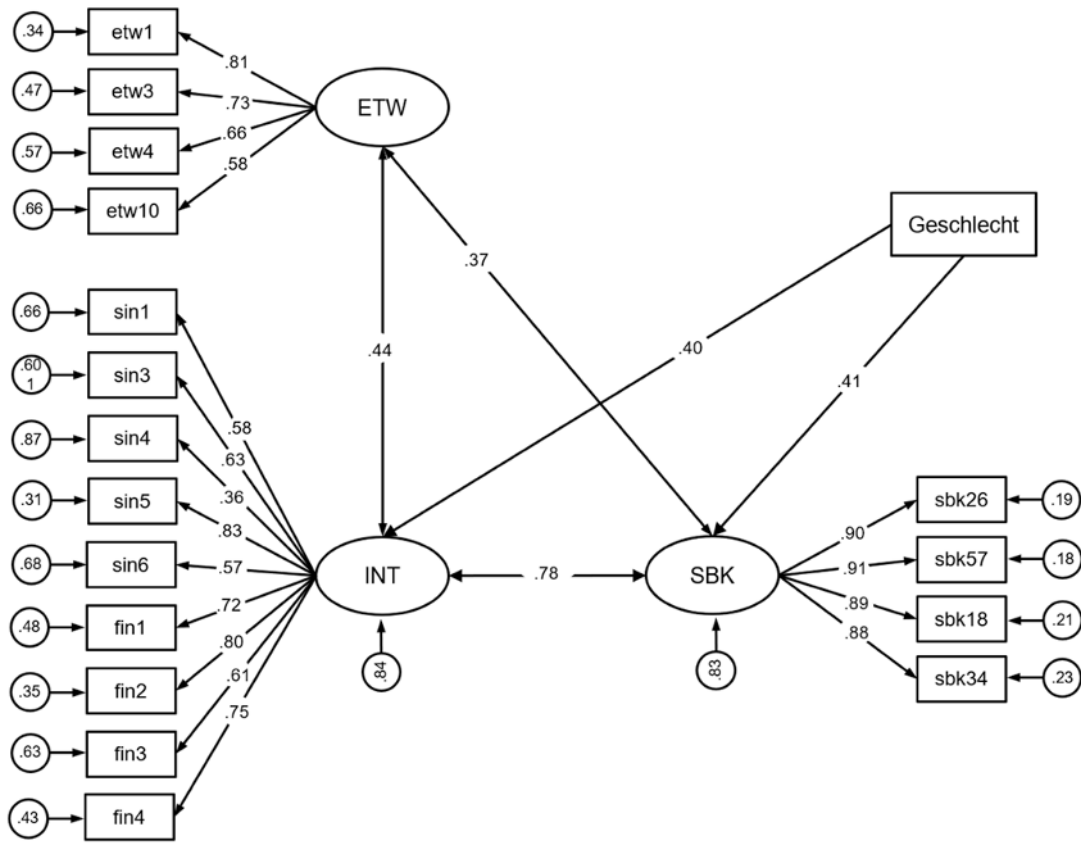


Abbildung 45: Strukturgleichungsmodell 1b zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ETW = Einstellungen Technikwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1

$p < .001$ ). Das Geschlecht weist mit  $\beta = .40$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT) und mit  $\beta = .41$  ( $p < .001$ ) auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf. Insgesamt 16 % der Varianz von INT ( $R^2_{INT} = .16$ ) und 17 % von SBK ( $R^2_{SBK} = .17$ ) werden im Modell 1b erklärt.

Das durch den Prädiktor Physikabschlussnote (Matura / Abi bzw. Vorkurs PH) erweiterte Modell 1c in der Abbildung 46 kann aufgrund der passenden Modellfit-Werte in der Tabelle 38 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999). Der Modellvergleich zeigt, dass bei 1c der AIC- und BIC-Wert am tiefsten und der  $p$ -Wert am höchsten (Modell 1a:  $p = .049$ , Modell 1b:  $p = .047$ , Modell 1c:  $p = .071$ ) ist, sodass das Modell 1c

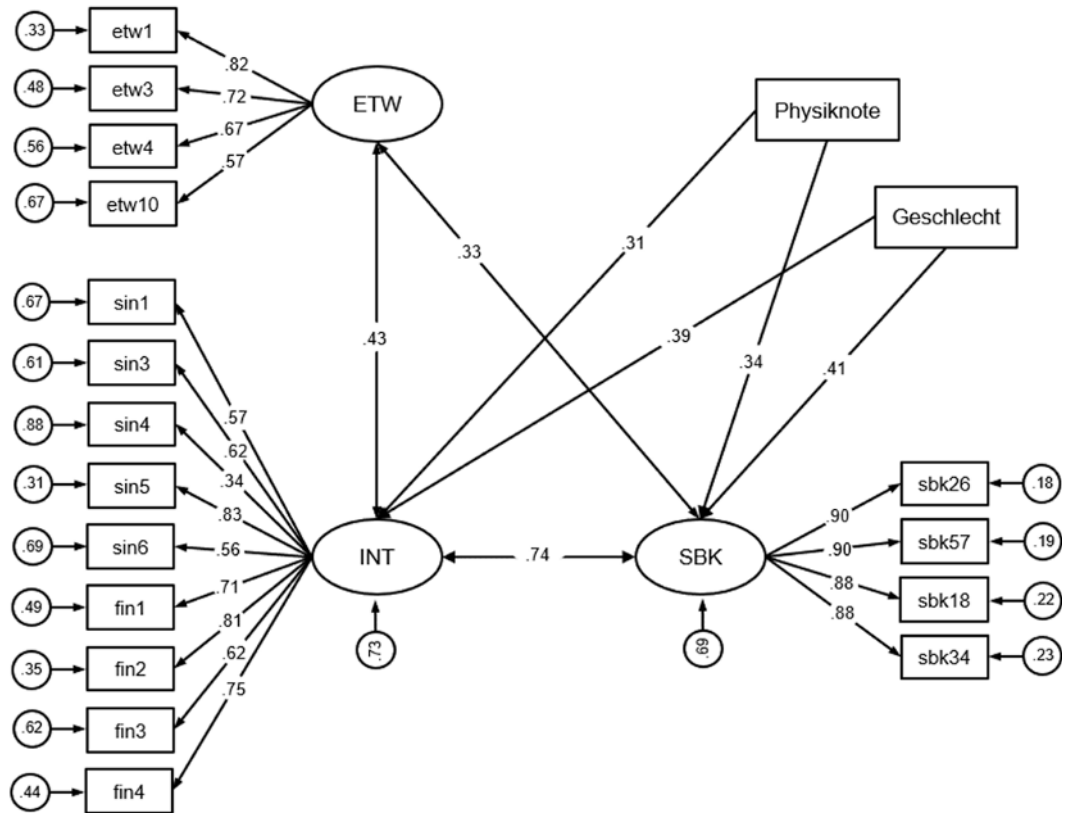


Abbildung 46: Vollständiges Strukturgleichungsmodell 1c zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ETW = Einstellungen Technikwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH

als bestes Modell angenommen werden kann (Schermelleh-Engel et al., 2003). Die standardisierten Pfadkoeffizienten der drei Kovarianzen weisen einen bedeutsamen bis hohen Zusammenhang auf ( $\varphi_{\text{SBK} \leftrightarrow \text{INT}} = .74$ ,  $p < .001$ ,  $\varphi_{\text{INT} \leftrightarrow \text{ETW}} = .43$ ,  $p = .003$ ,  $\varphi_{\text{SBK} \leftrightarrow \text{ETW}} = .33$ ,  $p = .001$ ). Das Geschlecht weist mit  $\beta = .39$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT) und mit  $\beta = .41$  ( $p < .001$ ) auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf. Die standardisierten Pfadkoeffizienten des direkten Effekts vom Geschlecht auf INT und SKB sind jeweils positiv: Es lässt sich festhalten, dass die männlichen Lehramtsstudierenden im Gegensatz zu den weiblichen Studierenden ein höheres physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept und ein höheres physik-

bezogenes individuelles Interesse aufweisen. Die Physikabschlussnote weist mit  $\beta = .31$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT) und mit  $\beta = .34$  ( $p < .001$ ) auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf. Die standardisierten Pfadkoeffizienten des direkten Effekts der Physiknote auf INT und SBK sind jeweils positiv: Die Daten zeigen, dass Studierende mit einer guten Abschlussnote in Physik tendenziell ein höheres physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept und ein höheres physikbezogenes individuelles Interesse aufweisen als Lehramtsstudierende mit einer schlechten Abschlussnote in Physik. Insgesamt 27 % der Varianz von INT ( $R^2_{INT} = .27$ ) und 31 % von SBK ( $R^2_{SBK} = .31$ ) werden im Modell 1c erklärt.

### Zu Hypothese 8–10 mit Einstellungen Technikwissenschaften

Das berechnete Strukturgleichungsmodell nach dem theoretischen Modell der Teilidentität für angehende Lehrpersonen für Naturwissenschaften und Technik nach Rabe und Krey (2018) weist mit den Daten der vorliegenden Interventionsstudie einen passenden Modellfit auf und kann empirisch bestätigt werden. Die Hypothese 8 kann aufgrund der vorliegenden Daten angenommen werden.

Auf der Basis der analysierten Daten zeigt das modellierte Strukturgleichungsmodell einen direkten Einfluss des Geschlechts auf das physikbezogene individuelle Interesse und auf das entsprechende Fähigkeitsselbstkonzept auf. Die Hypothese 9 kann auf Grundlage dessen angenommen werden.

Das mit den Daten der Interventionsgruppe modellierte Strukturgleichungsmodell zeigt einen direkten Einfluss der Physiknote auf das physikbezogene individuelle Interesse und auf das entsprechende Fähigkeitsselbstkonzept auf. Die Hypothese 10 kann somit angenommen werden.

Im nächsten Kapitel werden die Hypothesen 8 bis 10 hinsichtlich der Einstellungen zu Berufen in den Naturwissenschaften geprüft.

### 6.4.2 Hypothesen 8–10: Teilidentitätsmodell mit Einstellungen Naturwissenschaften

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt 6.4.1 werden nachfolgend in einem ersten Modell die Zusammenhänge des physikbezogenen individuellen Interesses, des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzeptes und der positiven Einstellungen gegenüber Naturwissenschaften modelliert. Aufgrund der Kovarianzen sind in diesem Modell 2a keine Varianzaufklärungen möglich. In einem zweiten und dritten Schritt werden zusätzlich die möglichen Prädiktoren Geschlecht (Modell 2b) und Physiknote des Maturitätsschulabschlusses bzw. des PH-Vorkurses (Modell 2c) für die Varianzaufklärung von Interesse und Selbstkonzept schrittweise in das Modell aufgenommen (siehe Tabelle 39).

Tabelle 39: Modellfit des Modells zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen für die Sekundarstufe I mit Einstellungen Naturwissenschaften zum Zeitpunkt des Posttests (Interventionsgruppe:  $N = 143$ )

Modell	$\chi^2$	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	AIC	BIC	$\Delta$ AIC	$\Delta$ BIC
Modell 2a	124.70	116	.274	.99	.99	.02	.05	4608.20	4718.60	-	-
sbk ~ int											
sbk ~ enw											
int ~ enw											
Modell 2b	141.46	131	.251	.99	.99	.02	.05	4583.00	4699.40	-25.20	-19.20
sbk ~ int											
sbk ~ enw											
int ~ enw											
int ~ geschlecht											
sbk ~ geschlecht											
Modell 2c	155.40	146	.282	.99	.99	.02	.05	4471.50	4593.00	-136.70	-125.60
sbk ~ int											
sbk ~ enw											
int ~ enw											
int ~ geschlecht											
+ physiknote											
sbk ~ geschlecht											
+ physiknote											

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Modellfits wird eine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR) verwendet.

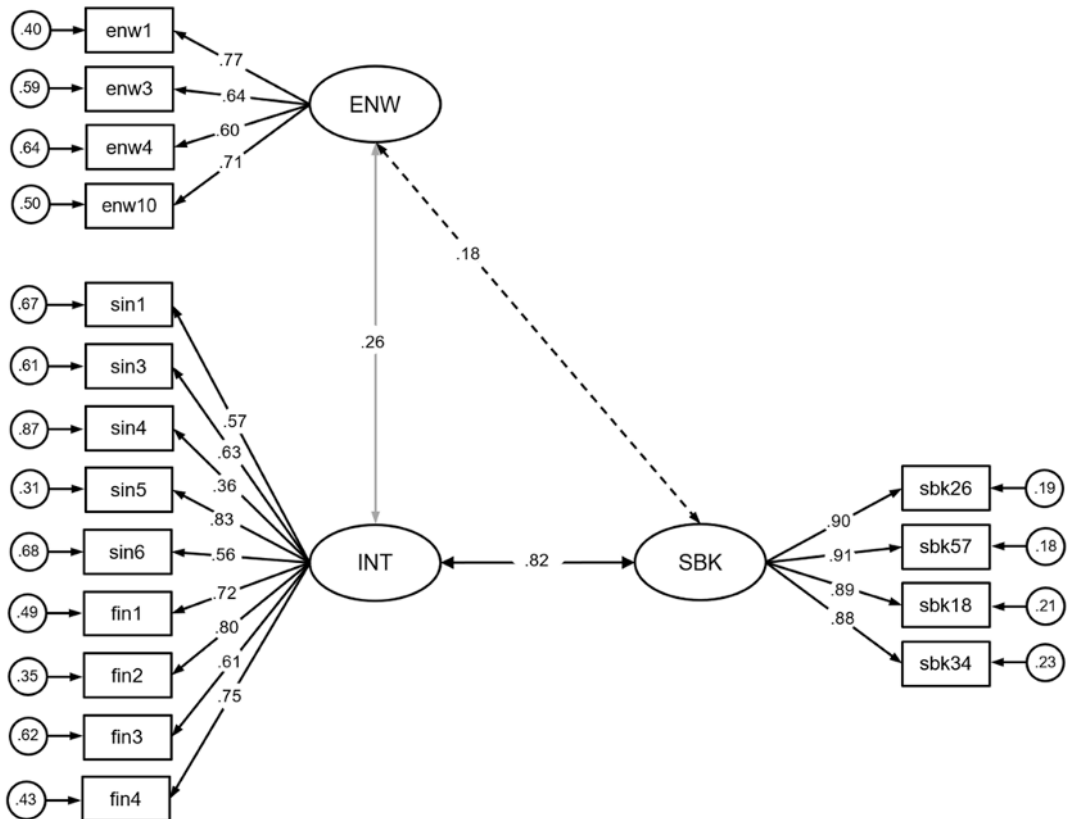


Abbildung 47: Strukturgleichungsmodell 2a zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ENW = Einstellungen Naturwissenschaften

Das Modell 2a in der Abbildung 47 kann gemäß den passenden Modellfit-Werten in der Tabelle 39 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999). Standardisierte Pfadkoeffizienten können ab einem Wert  $\geq .2$  bzw.  $- 0.2$  als bedeutsam bzw. als bedeutsamer Zusammenhang betrachtet werden (Chin, 1998). Der Pfadkoeffizient der Kovarianz des physikbezogenen individuellen Interesses (INT) und des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts (SBK) weist einen sehr hohen Wert und somit einen hohen Zusammenhang auf ( $\varphi = .82, p < .001$ ). Die Kovarianz des physikbezogenen individuellen Interesses (INT) und der positiven Einstellungen für Naturwissenschaften (ENW) weist einen bedeutsamen, marginal signifikanten Zusammenhang auf ( $\varphi = .26, p = .034$ ). Zwischen

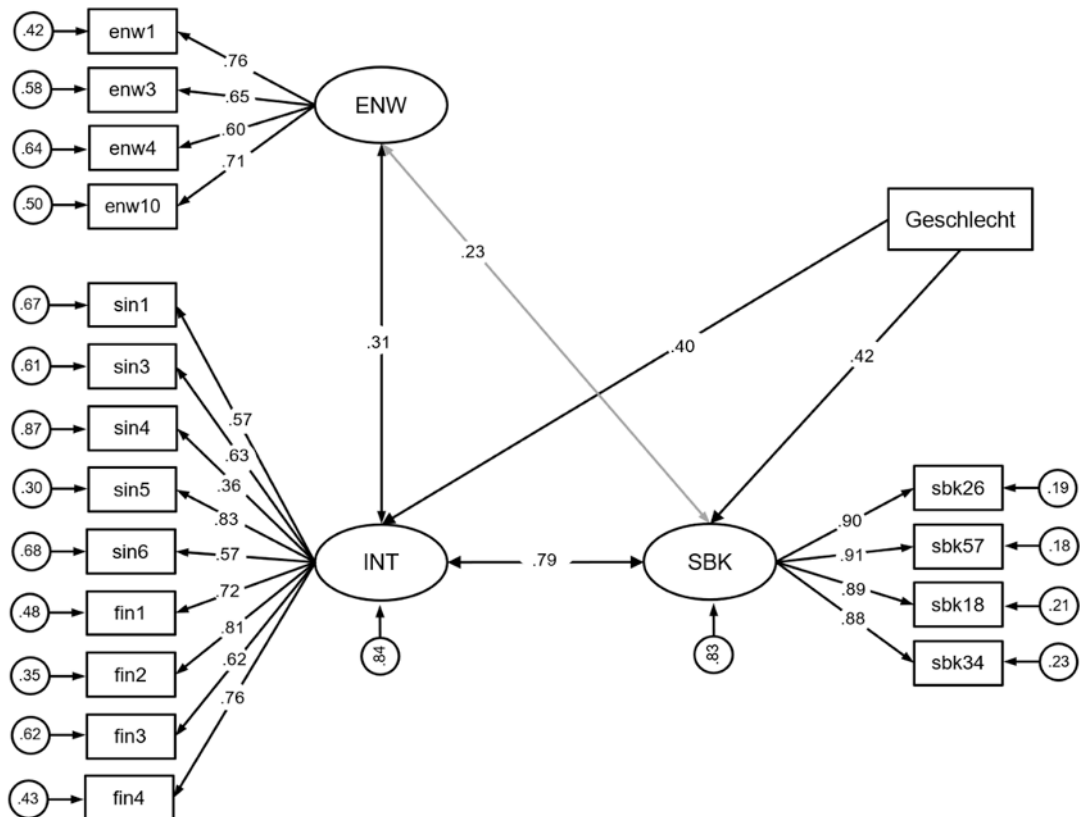


Abbildung 48: Strukturgleichungsmodell 2b zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ENW = Einstellungen Naturwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1

dem physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) und den positiven Einstellungen für Naturwissenschaften (ENW) ist kein direkter signifikanter Zusammenhang nachweisbar ( $\varphi = .18$ ,  $p = .122$ ).

Das um den Prädiktor Geschlecht erweiterte Modell 2b in der Abbildung 48 kann gemäß den passenden Modellfit-Werten in der Tabelle 39 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999). Der AIC- und BIC-Wert liegen im Modellvergleich bei 2b tiefer, der  $p$ -Wert ist dort leicht schlechter, sodass insgesamt Modell 2b jedoch als besseres Modell angenommen werden kann (Schermelleh-Engel et al., 2003). Der Pfadkoeffizient der Kovarianz des physikbezogenen individuellen Interesses (INT) und des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts (SBK) weist

einen hohen Zusammenhang auf ( $\varphi = .79, p < .001$ ). Die Kovarianz des physikbezogenen individuellen Interesses (INT) und der positiven Einstellungen für Naturwissenschaften (ENW) weist einen bedeutsamen Zusammenhang auf ( $\varphi = .31, p = .009$ ). Zwischen dem physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) und den positiven Einstellungen für Naturwissenschaften (ENW) ist ein direkter, marginal signifikanter Zusammenhang nachweisbar ( $\varphi = .23, p = .038$ ). Das Geschlecht weist mit  $\beta = .40$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT) und mit  $\beta = .42$  ( $p < .001$ ) auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf. Insgesamt 26 % der Varianz von INT ( $R^2_{INT} = 0.26$ ) und 27 % von SBK ( $R^2_{SBK} = 0.26$ ) werden im Modell 2b erklärt.

Das Modell 2c wird um den Prädiktor Physikabschlussnote (Matura / Abi bzw. Vorkurs PH) erweitert (siehe Abbildung 49) und kann gemäß den passenden Modellfit-Werten in der Tabelle 39 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999). Der Modellvergleich zeigt, dass bei 2c der AIC- und BIC-Wert am tiefsten und der  $p$ -Wert am höchsten (Modell 1a:  $p = .274$ , Modell 1b:  $p = .251$ , Modell 1c:  $p = .282$ ) ist, sodass das Modell 2c als bestes Modell angenommen werden kann (Schermelleh-Engel et al., 2003). Der Pfadkoeffizient der Kovarianz des physikbezogenen individuellen Interesses (INT) und des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts (SBK) weist einen hohen Zusammenhang auf ( $\varphi = .75, p < .001$ ). Die Kovarianz des physikbezogenen individuellen Interesses (INT) und der positiven Einstellungen für Naturwissenschaften (ENW) weist einen bedeutsamen Zusammenhang auf ( $\varphi = .28, p = .018$ ). Zwischen dem physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) und den positiven Einstellungen für Naturwissenschaften (ENW) ist kein direkter, signifikanter Zusammenhang nachweisbar ( $\varphi = .19, p = .106$ ). Das Geschlecht weist mit  $\beta = .38$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT) und mit  $\beta = .41$  ( $p < .001$ ) auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf. Die Physikabschlussnote weist mit  $\beta = .33$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT) und mit  $\beta = .35$  ( $p < .001$ ) auf das physik-

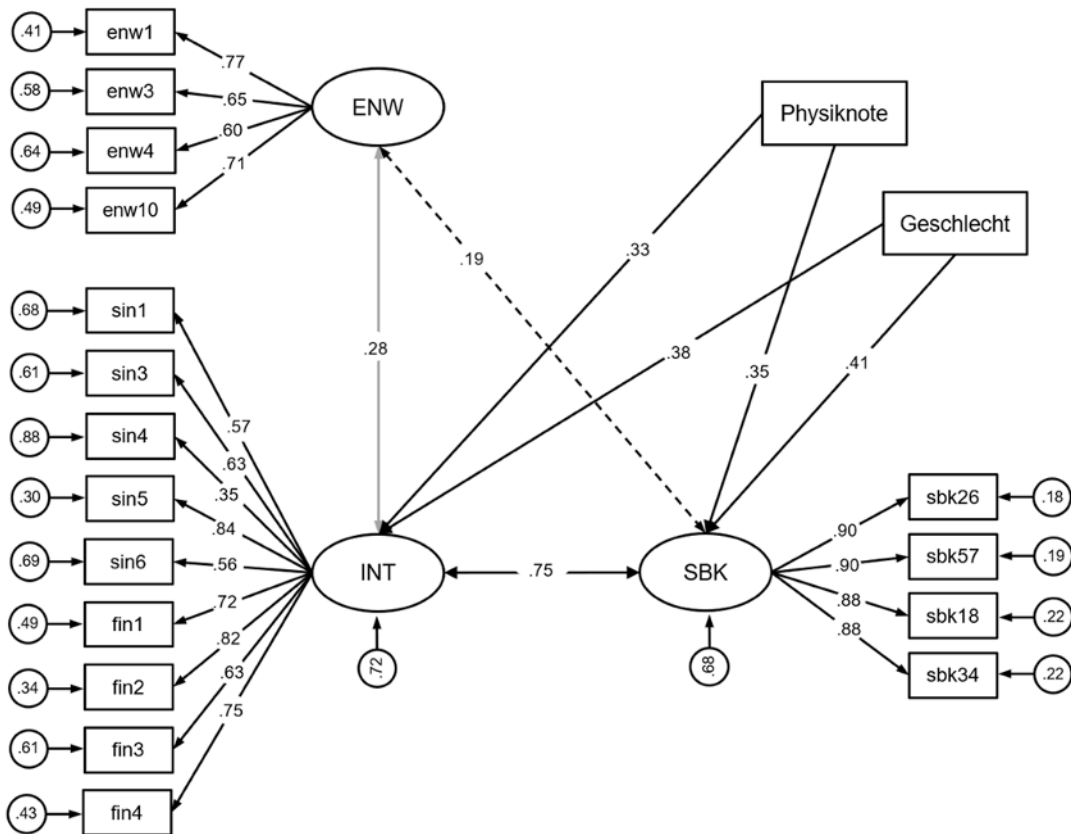


Abbildung 49: Vollständiges Strukturgleichungsmodell 2c zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ENW = Einstellungen Naturwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH

bezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf. Die standardisierten Pfadkoeffizienten des direkten Effekts des Geschlechts auf INT und SBK sind jeweils positiv: Es lässt sich festhalten, dass die männlichen Lehramtsstudierenden im Gegensatz zu den weiblichen Studierenden ein höheres physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept und ein höheres physikbezogenes individuelles Interesse aufweisen. Die standardisierten Pfadkoeffizienten des direkten Effekts der Physiknote auf INT und SBK sind jeweils positiv: Die Daten zeigen, dass Studierende mit einer guten Abschlussnote in Physik tendenziell ein höheres physik-



bezogenes Fähigkeitsselbstkonzept und ein höheres physikbezogenes individuelles Interesse aufweisen als Lehramtsstudierende mit einer schlechten Abschlussnote in Physik. Insgesamt 28 % der Varianz von INT ( $R^2_{INT} = 0.28$ ) und 32 % von SBK ( $R^2_{SBK} = 0.32$ ) werden im Modell 2c erklärt.

### Zu Hypothese 8–10 mit Einstellungen Naturwissenschaften

Das berechnete Strukturgleichungsmodell nach dem theoretischen Modell der Teilidentität für angehende Lehrpersonen für Naturwissenschaften und Technik nach Rabe und Krey (2018) weist mit den Daten der vorliegenden Interventionsstudie einen passenden Modellfit auf und kann empirisch bestätigt werden. Die Hypothese 8 kann aufgrund der vorliegenden Daten angenommen werden.

Auf der Basis der analysierten Daten zeigt das modellierte Strukturgleichungsmodell einen direkten Einfluss des Geschlechts auf das physikbezogene individuelle Interesse und auf das entsprechende Fähigkeitsselbstkonzept auf. Die Hypothese 9 kann auf Grundlage dessen bestätigt werden.

Das mit den Daten der Interventionsgruppe modellierte Strukturgleichungsmodell zeigt einen direkten Einfluss der Physiknote auf das physikbezogene individuelle Interesse und auf das entsprechende Fähigkeitsselbstkonzept auf. Die Hypothese 10 kann somit angenommen werden.

Anschließend folgt im Kapitel 6.4.3 die Darstellung der erweiterten Hypothesenprüfung für die Fragestellung 3.

### 6.4.3 Erweiterte Hypothesenprüfung zur Fragestellung 3

Erweiterte Hypothesenprüfung zur Fragestellung 3:

Ha: Das individuelle Interesse hat einen direkten, positiven Einfluss auf das Fähigkeitsselbstkonzept.

Hb: Das Geschlecht hat einen direkten Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept.

Hc: Die Physiknote (Matura bzw. Abitur / PH-Vorkurs) hat einen direkten Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept.

Hd: Die positiven Einstellungen zu Technikwissenschaften bzw. Naturwissenschaften haben einen direkten Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept und auf das individuelle Interesse.

Das in den Kapiteln 6.4.1 und 6.4.2 empirisch überprüfte Theoriemodell weist in Bezug auf die latenten Konstrukte nur Kovarianzen, demnach keine Prüfung von gerichteten Effekten auf. Um das theoretische Modell in Anlehnung an Rabe und Krey (2018) empirisch zu erweitern, wird nachfolgend eine hypothesengerichtete Prüfung durchgeführt. Da sich im Prä-Post-Vergleich das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) der Lehramtsstudierenden in der Interventionsgruppe signifikant verändert (vgl. Kapitel 6.3), wird SBK exemplarisch als endogene Variable festgelegt. Zum Prüfen der Hypothesen a bis c wird zunächst ein Modell 3a modelliert, das den direkten Einfluss des physikbezogenen individuellen Interesses (INT) auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) der Lehramtsstudierenden innerhalb der Interventionsgruppe aufzeigt. Anschließend werden die Prädiktoren Geschlecht (Modell 3b-c) und die Physiknote des Maturitätsschulabschlusses bzw. des PH-Vorkurses (Modell 3d-e) schrittweise in das Modell aufgenommen und geprüft (siehe Tabelle 40). Es werden jeweils die standardisierten Pfadkoeffizienten angegeben.

Tabelle 40: Modellfit des weiterentwickelten Modells zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen für die Sekundarstufe I zum Zeitpunkt des Posttests (Interventionsgruppe:  $N = 145$ )

Modell	$\chi^2$	<i>df</i>	<i>p</i>	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	AIC	BIC	$\Delta$ AIC	$\Delta$ BIC
Modell 3a sbk ~ int	76.89	64	.130	.99	.98	.04	.04	2569.97	2651.08	-	-
Modell 3b sbk ~ int + geschlecht	109.38	76	.007	.97	.96	.06	.10	2567.43	2651.54	-2.54	0.46
Modell 3c sbk ~ int + geschlecht int ~ geschlecht	88.83	75	.131	.99	.98	.04	.04	2547.76	2634.87	-22.21	-16.21
Modell 3d sbk ~ int + geschlecht + physiknote	132.50	88	.002	.96	.95	.06	.13	2485.07	2571.40	-84.90	-79.68
Modell 3e sbk ~ int + geschlecht + physiknote int ~ geschlecht + physiknote	92.66	86	.293	.99	.99	.02	.04	2447.16	2539.44	-122.81	-111.64

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Modellfits wird eine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR) verwendet.

Das Modell 3a in der Abbildung 50 kann gemäß den passenden Modellfit-Werten in der Tabelle 40 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999). Das physikbezogene individuelle Interesse (INT) weist mit  $\gamma = .81$  ( $p < .001$ ) einen hoch bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf (siehe Abbildung 50).

Die durch die Prädiktoren Geschlecht und Physikabschlussnote (Matura / Abi bzw. Vorkurs PH) schrittweise erweiterten Modelle 3c und 3e können aufgrund der passenden Modellfit-Werte in der Tabelle 40 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999). Die Modelle 3b und 3d müssen jedoch verworfen werden. Der Modellvergleich zeigt, dass bei Modell 3e

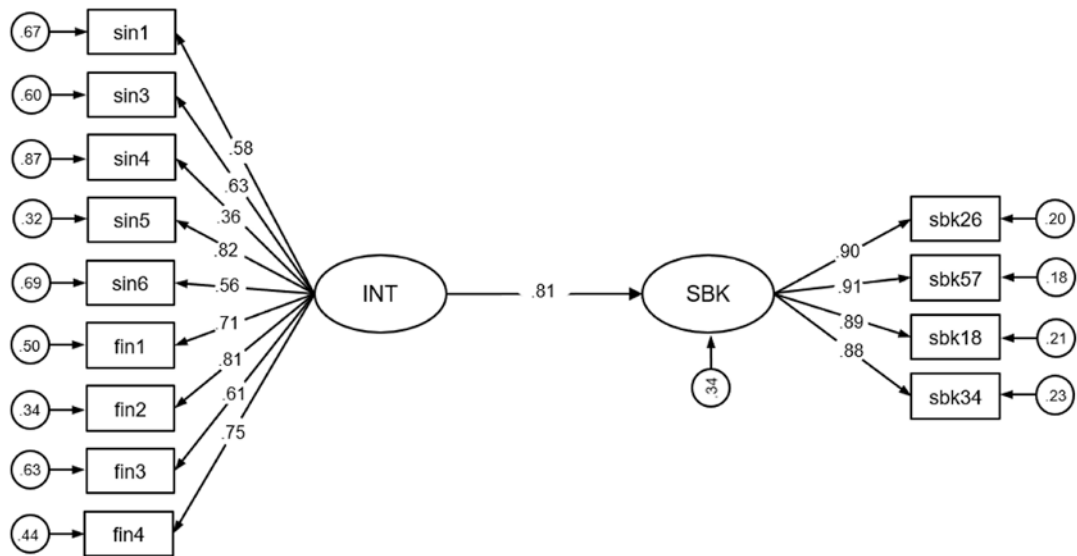


Abbildung 50: Strukturgleichungsmodell 3a zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept

der AIC- und BIC-Wert am tiefsten und der  $p$ -Wert am höchsten (Modell 3c:  $p = .131$ , Modell 3e:  $p = .293$ ) ist. Entsprechend wird das Modell 3e als bestes Modell angenommen (Schermelleh-Engel et al., 2003).

Die Physikabschlussnote im Modell 3e (siehe Abbildung 51) weist mit  $\beta = .34$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT), jedoch nicht auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) ( $\beta = .12$ ,  $p > .05$ ) auf. Das Geschlecht weist mit  $\beta = .38$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT) und mit  $\beta = .13$  ( $p < .05$ ) keinen bedeutsamen, aber einen marginal signifikanten Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf. Das physikbezogene individuelle Interesse (INT) weist mit  $\gamma = .72$  ( $p < .001$ ) einen hoch bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf.

Um die Hypothese d zu prüfen, wird das Modell 3e, das die besten Fit-Werte aufweist, durch die latente Variable positive Einstellungen für Technikwissenschaften (ETW) bzw. für Naturwissenschaften (ENW) erweitert. In Bezug auf die theoretischen Grundlagen wird der direkte

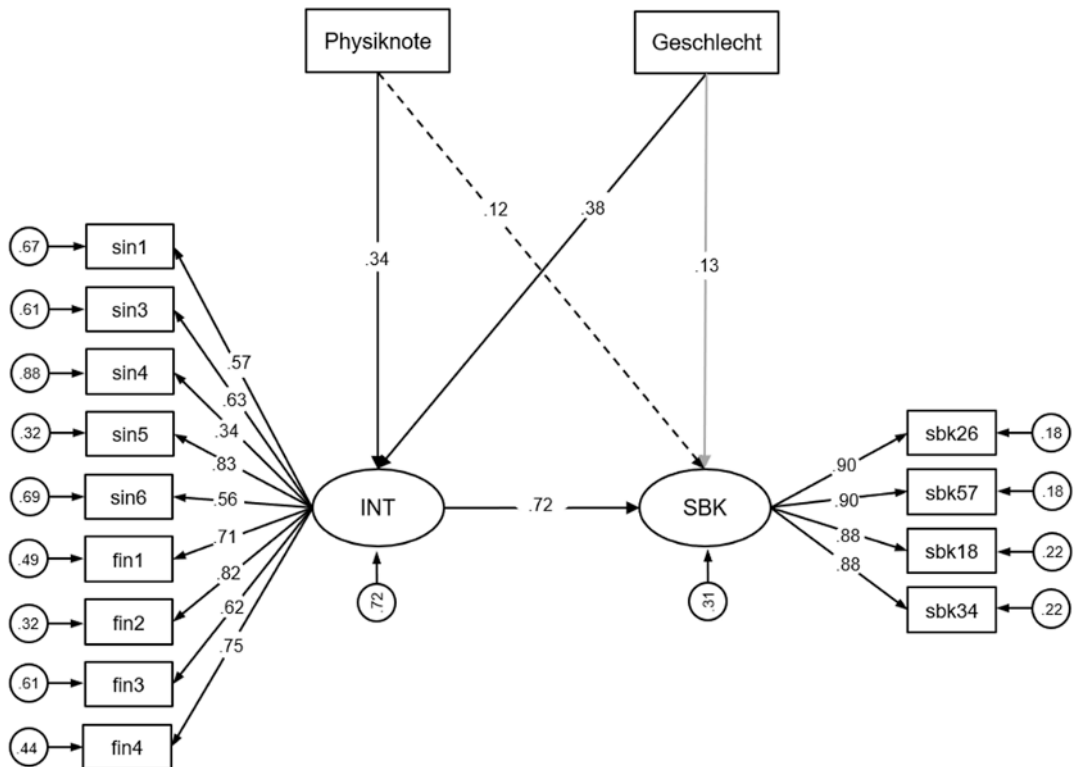


Abbildung 51 Strukturgleichungsmodell 3e zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH

Einfluss sowohl auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT) als auch auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) empirisch modelliert. Die Modelle 4a und 4b können gemäß den passenden Modellfit-Werten in Tabelle 41 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999).

Nachfolgend wird zunächst das Modell 4a (siehe Abbildung 52) mit den positiven Einstellungen zu Berufen in den Technikwissenschaften näher beschrieben. Das physikbezogene individuelle Interesse (INT) zeigt mit  $\gamma = .71$  ( $p < .001$ ) einen hoch bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK). Die positiven Einstellungen für Technikwissenschaften (ETW) weisen mit  $\beta = .37$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene indivi-

Tabelle 41: Modellfit des weiterentwickelten Modells mit Einstellungen Technik- bzw. Naturwissenschaften zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen für die Sekundarstufe I zum Zeitpunkt des Posttests (Interventionsgruppe:  $N = 143-145$ )

Modell	$\chi^2$	<i>df</i>	<i>p</i>	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
Modell 4a	171.77	146	.071	.98	.98	.04	.05
sbk ~ int							
sbk ~ etw							
int ~~ etw							
int ~ geschlecht + physiknote							
sbk ~ geschlecht + physiknote							
Modell 4b	155.40	146	.282	.99	.99	.02	.05
sbk ~ int							
sbk ~ enw							
int ~~ enw							
int ~ geschlecht + physiknote							
sbk ~ geschlecht + physiknote							

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Modellfits wird eine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR) verwendet.

duelle Interesse (INT) und mit  $\beta = .02$  ( $p < .05$ ) keinen direkten Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf. Die Physikabschlussnote weist mit  $\beta = .31$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT), jedoch nicht auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) ( $\beta = .12$ ,  $p > .05$ ) auf. Das Geschlecht übt mit  $\beta = .39$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss aus auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT) und  $\beta = .13$  ( $p < .05$ ) keinen bedeutsamen, aber marginal signifikanten Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK).

Das in der Abbildung 53 dargestellte vollständige Strukturgleichungsmodell 4b mit den positiven Einstellungen zu Berufen in den Naturwissenschaften wird nachfolgend näher beschrieben. Das physikbezogene individuelle Interesse (INT) zeigt mit  $\gamma = .73$  ( $p < .001$ ) einen hoch bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf. Die positiven Einstellungen für Naturwissenschaften (ENW) weisen mit  $\beta = .24$  ( $p < .05$ ) einen marginal signifikanten, wenn auch bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Inte-

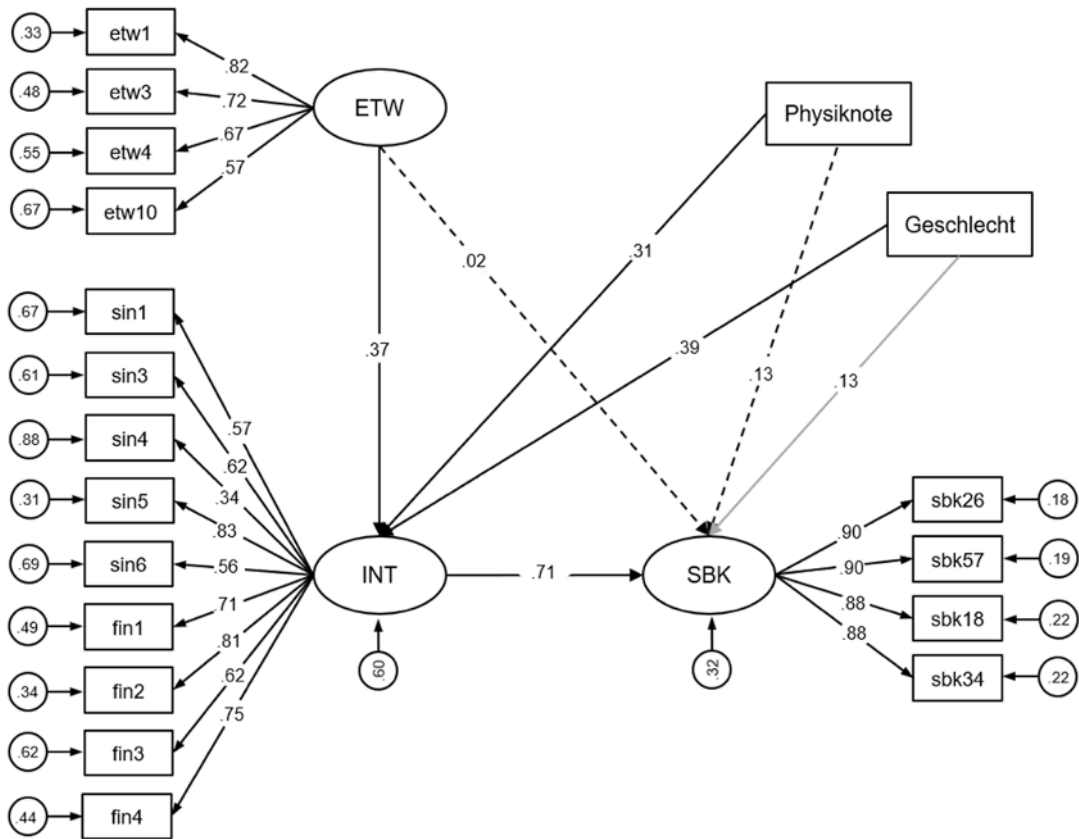


Abbildung 52: Vollständiges Strukturgleichungsmodell 4a zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ETW = Einstellungen Technikwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH

resse (INT) und mit  $\beta = -.02$  ( $p > .05$ ) keinen direkten Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) auf. Die Physikabschlussnote hat mit  $\beta = .33$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT), jedoch nicht auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK) ( $\beta = .11$ ,  $p > .05$ ). Das Geschlecht übt mit  $\beta = .38$  ( $p < .001$ ) einen bedeutsamen Einfluss aus auf das physikbezogene individuelle Interesse (INT) und mit  $\beta = .13$  ( $p < .05$ ) keinen bedeutsamen, aber einen marginal signifikanten Einfluss auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SBK).

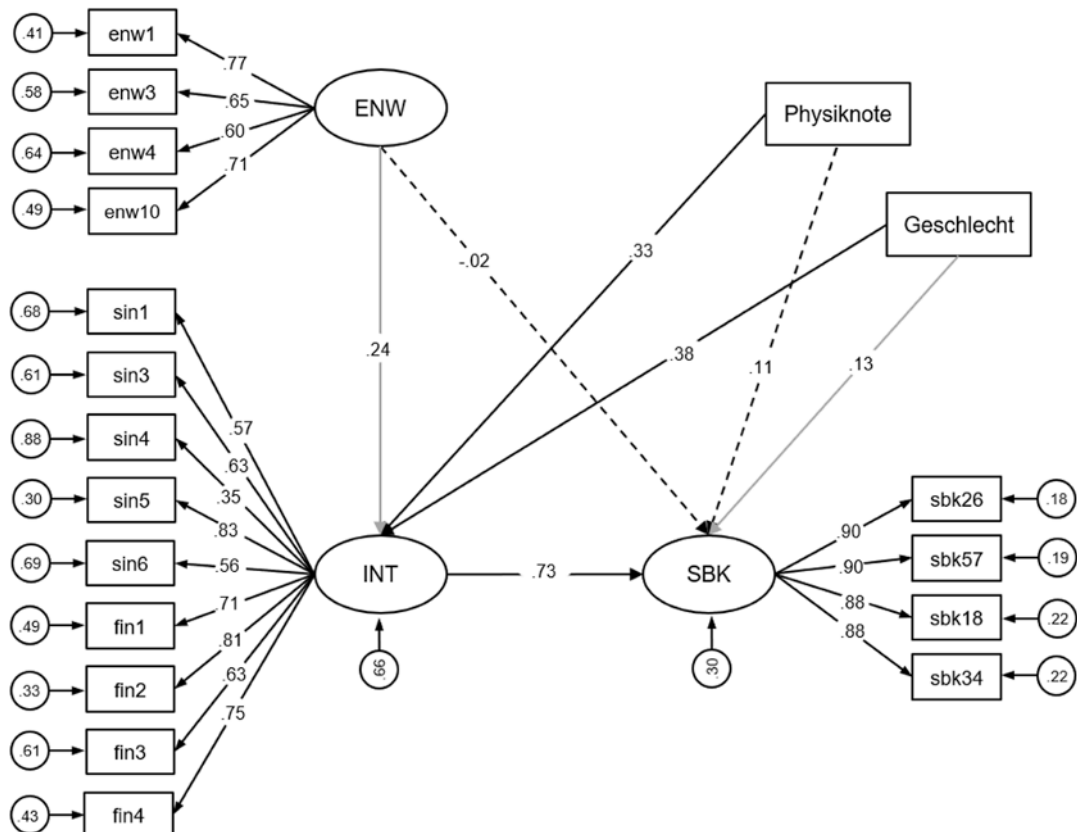


Abbildung 53: Vollständiges Strukturgleichungsmodell 4b zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeits-selbstkonzept, ENW = Einstellungen Naturwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH

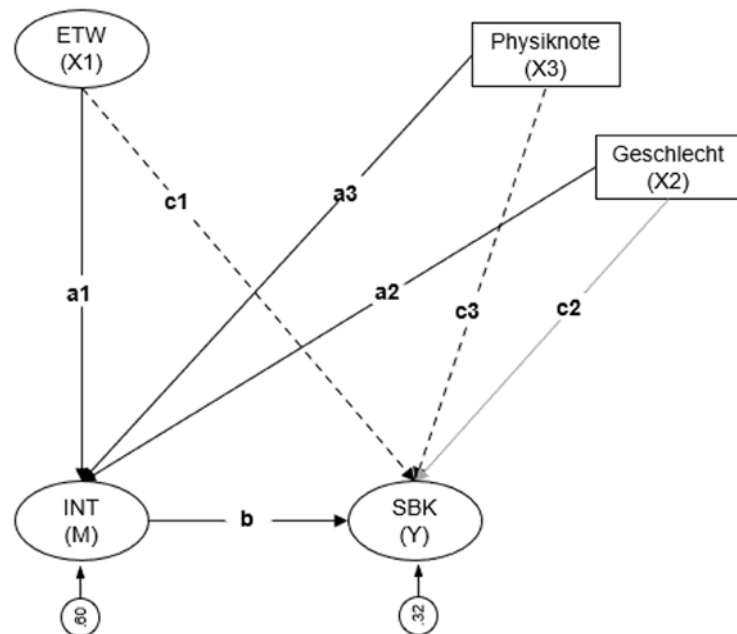
Die erweiterte Hypothesenprüfung zeigt teilweise keine direkten Effekte auf die endogene Variable des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts, jedoch auf das individuelle Interesse für Physik. Entsprechend wird nachfolgend in einer Mediationsanalyse geprüft, ob indirekte Effekte für die endogene Variable via Mediator Interesse vorliegen.

### Mediationsanalyse

In einem weiteren Schritt werden mögliche Mediatoreffekte innerhalb des gesamten Modells 4a zur Aufklärung des physikbezogenen Fähig-



Abbildung 54:  
Übersicht der Pfad-  
koeffizienten für die  
Mediationsanalyse zum  
Modell 4a



keitsselbstkonzepts (SBK, Y) mithilfe einer Mediationsanalyse berechnet. Die nach Baron und Kenny (1986) definierten vier Voraussetzungen werden im aktuellen statistischen Diskurs zur Mediationsanalyse kritisch diskutiert (Hayes, 2022; Rucker et al., 2011; Zhao et al., 2010) und vorliegend nicht als Prüfungsgrundlage aufgenommen. Das physikbezogene individuelle Interesse (INT) dient in der Analyse als Mediator (M), die direkten (c), indirekten ( $a * b$ ) und totalen ( $c + (a * b)$ ) Effekte der drei unabhängigen Variablen positive Einstellungen Technikwissenschaften (ETW, X1), Geschlecht (X2) und Physiknote (X3) werden jeweils entlang der Abbildung 54 geprüft.

Es liegen für die zwei Prädiktoren Physiknote und positive Einstellungen Technikwissenschaften signifikante totale indirekte Effekte und für den Prädiktor Geschlecht signifikante partielle indirekte Effekte vor. Die Regressionskoeffizienten, die auch die totalen und indirekten Effekte zeigen, sind in der Tabelle 42 dargestellt. Für die Physiknote liegt ein totaler indirekter Effekt vor mit einem geschätzten Wert von  $B = .18$  ( $p = .001$ ). Für die positiven Einstellungen zu Technikwissenschaften liegt ebenfalls ein signifikanter totaler indirekter Effekt vor mit einem geschätzten Wert von  $B = .11$  ( $p < .001$ ). Bei der Variable Geschlecht liegt ein partieller indirekter Effekt vor mit einem geschätzten Wert von  $B = .29$  ( $p < .001$ ).

Tabelle 42: Statistiken zur Mediationsanalyse des vollständigen Strukturgleichungsmodells 4a für die abhängige Variable SKB zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 149$ )

Prädiktor	<i>B</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
<b>indirekte Effekte (<math>a*b</math>)</b>				
Positive Einstellungen Technikwissenschaften	.11	.03	.26	< .001
Geschlecht	.29	.06	.27	< .001
Physiknote	.18	.05	.22	.001
<b>totale Effekte (<math>c+(a*b)</math>)</b>				
Positive Einstellungen Technikwissenschaften	.12	.03	.28	< .001
Geschlecht	.43	.08	.41	< .001
Physiknote	.29	.06	.34	< .001

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Modellfits wird eine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR) verwendet. Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1

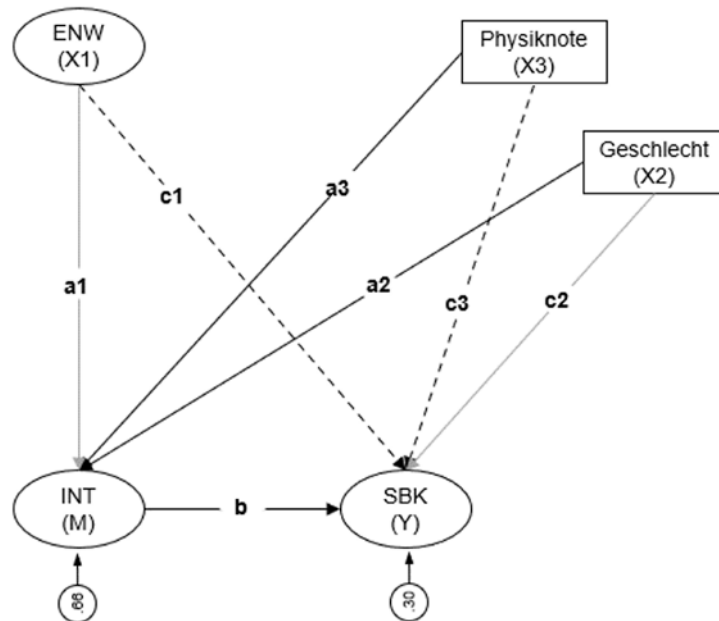
Tabelle 43: Statistiken zur Mediationsanalyse mit BCa-Bootstrapping für die abhängige Variable SKB im Modell 4a zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 149$ )

Prädiktor	<i>B (95%-CI)</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
<b>indirekte Effekte</b>				
Positive Einstellungen Technikwissenschaften	.11 (0.06, 0.18)	.03	.26	< .001
Geschlecht	.29 (0.17, 0.43)	.06	.27	< .001
Physiknote	.18 (0.08, 0.31)	.06	.22	.001

*Anmerkung.* CI = Bias-korrigiertes Konfidenzintervall (BCa), Bootstrapping-Analyse erfolgt mit  $m = 5\,000$  Ziehungen, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1

Um die Signifikanz der indirekten Effekte erweitert zu testen, wird eine Bias-korrigierte Bootstrap-Analyse (95 % Konfidenzintervall) mit  $m = 5\,000$  Ziehungen durchgeführt (Hayes, 2022; Preacher & Hayes, 2004). Die Resultate aus dem Bootstrap in Tabelle 43 stützen die Annahme, dass die indirekten Effekte auf einem Signifikanzniveau  $p \leq .001$  vorliegen. Da die 0 außerhalb des Konfidenzintervalls liegt, kann die Nullhypothese verworfen werden.

Abbildung 55:  
Übersicht der Pfad-  
koeffizienten für die  
Mediationsanalyse zum  
Modell 4b



Gemäß der vorliegenden Daten und Resultate lässt sich festhalten, dass positive Einstellungen zu Technikwissenschaften, die Physikabschlussnote und das Geschlecht partiell bis vollständig über das individuelle Interesse für Physik auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept bei Lehramtsstudierenden wirken. Bei Konstanzhaltung von Physiknote und Geschlecht im Modell 4a wirken die Einstellungen für Technikwissenschaften nicht direkt auf das Fähigkeitsselbstkonzept, aber auf das individuelle Interesse etc.

Analog zum Vorgehen im Modell 4a werden gemäß Abbildung 55 mögliche Mediatoreffekte innerhalb des gesamten Modells 4b zur Aufklärung des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts (SBK, Y) mithilfe einer Mediationsanalyse berechnet.

Es liegen für die zwei Prädiktoren Physiknote und positive Einstellungen Naturwissenschaften signifikante totale indirekte Effekte und für den Prädiktor Geschlecht signifikante partielle indirekte Effekte vor. Die Regressionskoeffizienten, die auch die totalen und direkten Effekte zeigen, sind in der Tabelle 44 dargestellt. Für die Physiknote liegt ein totaler indirekter Effekt vor mit einem geschätzten Effekt von  $B = .21$  ( $p = .001$ ). Für die positiven Einstellungen zu Naturwissenschaften (ENW) liegt ein marginal signifikanter totaler indirekter Effekt vor mit einem geschätzten

Tabelle 44: Statistiken zur Mediationsanalyse des vollständigen Strukturgleichungsmodells 4b für die abhängige Variable SKB über INT zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ )

Prädiktor	<i>B</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
<b>indirekte Effekte (<math>a \cdot b</math>)</b>				
Positive Einstellungen Naturwissenschaften	.08	.03	.18	.017
Geschlecht	.29	.07	.28	< .001
Physiknote	.21	.06	.24	.001
<b>totale Effekte (<math>c + (a \cdot b)</math>)</b>				
Positive Einstellungen Naturwissenschaften	.07	.04	.16	.088
Geschlecht	.43	.08	.41	< .001
Physiknote	.30	.06	.35	< .001

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Modellfits wird eine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR) verwendet. Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1

Wert von  $B = .08$  ( $p = .017$ ). Bei der Variable Geschlecht liegt ein partieller indirekter Effekt vor mit einem geschätzten Wert von  $B = .29$  ( $p < .001$ ).

Um die Signifikanz der indirekten Effekte im Modell 4b erweitert zu testen, wird eine Bias-korrigierte Bootstrap-Analyse (95 % Konfidenzintervall) mit  $m = 5\,000$  Ziehungen durchgeführt (Preacher & Hayes, 2004). Die Resultate aus dem Bootstrap in Tabelle 45 stützen die Annahme, dass die indirekten Effekte bei den Kriterien Geschlecht und Physiknote auf einem Signifikanzniveau  $p \leq .001$  und beim Kriterium positive Einstellungen Naturwissenschaften auf einem Signifikanzniveau  $p \leq .05$  vorliegen. Da die 0 außerhalb des Konfidenzintervalls liegt, kann die Nullhypothese verworfen werden.

Entsprechend den vorliegenden Daten lässt sich festhalten, dass die positiven Einstellungen für Naturwissenschaften, die Physikabschlussnote und das Geschlecht partiell bis vollständig über das individuelle Interesse für Physik auf das Fähigkeitsselbstkonzept für Physik bei Lehramtsstudierenden wirken. Die Einschränkung des marginal signifikanten Effekts der Einstellungen für Naturwissenschaften muss berücksichtigt werden.

Tabelle 45: Statistiken zur Mediationsanalyse mit BCa-Bootstrapping für die abhängige Variable SKB im Modell 4b zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ )

Prädiktor	<i>B</i> (95%-CI)	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
<b>indirekte Effekte</b>				
Positive Einstellungen Naturwissenschaften	.08 (0.02, 0.17)	.04	.18	.034
Geschlecht	.29 (0.17, 0.44)	.07	.28	< .001
Physiknote	.21 (0.10, 0.34)	.06	.24	.001

*Anmerkung.* CI = Bias-korrigiertes Konfidenzintervall (BCa), Bootstrapping-Analyse erfolgt mit  $m = 5\,000$  Ziehungen, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1

### Zur erweiterten Hypothesenprüfung a–d

Die Strukturgleichungsmodellierung anhand der vorliegenden Daten zeigt auf, dass die Hypothese a mit dem direkten positiven Einfluss des individuellen Interesses auf die endogene Variable physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept angenommen werden kann.

Die modellierte Hypothese b kann nur teilweise angenommen werden: Der direkte Einfluss des Geschlechts auf das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept ist aufgrund der vorliegenden Daten empirisch marginal signifikant, aber mit  $\beta$  kleiner .2 nicht bedeutsam. Post-hoc zeigte eine Mediationsanalyse auf, dass ein partieller Mediator-Effekt auf die Variable individuelles Interesse vorliegt.

Aufgrund der Ergebnisse der Strukturgleichungsmodellierung muss die Hypothese c verworfen werden. Die Physiknote hat keinen direkten Einfluss auf das Fähigkeitsselbstkonzept. Die Mediationsanalyse zeigt einen totalen Mediator-Effekt der Physiknote über die Variable individuelles Interesse auf das Fähigkeitsselbstkonzept auf.

Gemäß den vorliegenden Daten kann die Hypothese d nur teilweise bestätigt werden. Die positiven Einstellungen zu Technikwissenschaften bzw. Naturwissenschaften wirken direkt positiv auf das

physikbezogene individuelle Interesse, jedoch nicht auch auf das entsprechende Fähigkeitsselbstkonzept. Gemäß der post-hoc durchgeführten Mediationsanalyse liegt ein totaler Mediator-Effekt der Einstellungen über die Variable individuelles Interesse auf das Fähigkeitsselbstkonzept vor.

Nach Abschluss der Ergebnisdarstellung für die Teilstudie I entlang der Fragestellungen 1 bis 3 und der dazugehörigen Hypothesen folgt der Diskussionsteil.

## 7 Diskussion zur Teilstudie I

In der ersten Studie der vorliegenden Dissertationsschrift lag der Fokus auf Lehramtsstudierenden für Naturwissenschaften und Technik auf der Sekundarstufe I im Setting eines Lehr-Lern-Labors innerhalb einer Kooperation zwischen einer technischen Fachhochschule und einer pädagogischen Hochschule. Dabei wurde das Ziel verfolgt, das Potenzial von kooperativen MINT-Fördermaßnahmen anhand authentischer Kontexte für Lernumgebungen und deren Auswirkungen auf affektive Merkmale zu prüfen. Damit wurde auf das Forschungsdesiderat eingegangen, das Feld der fachdidaktischen Forschung durch systematisch ausgewählter Kontexte entlang theoretisch modellierter Kontextmerkmale im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht empirisch zu erweitern (vgl. Kapitel 2.2.4). Vorangehende Studien weisen insbesondere auf eine Forschungslücke bezüglich authentischer Kontexte mit physikalisch-technischem Bezug im Lehramtsstudium hin, die über längere Zeit bearbeitet werden (Sevian et al., 2018; N. Ültay & Çalık, 2012) und die eine Erweiterung der Forschungen zum Lehr-Labor-Setting mithilfe von stärkeren Design sowie erweiterten Ausrichtungen (vgl. Kapitel 2.5.2) ermöglichen. Die Erfassung der Merkmalsausprägungen (vgl. Fragestellung 1), deren interventionsbedingte Veränderungen (vgl. Fragestellung 2) und mögliche Zusammenhänge im Sinne einer Identitätskonstruktion angehender Lehrpersonen (vgl. Fragestellung 3) sollten bisherige Forschungsergebnisse rezipieren und weitere Informationen über die Wirkung der Lernkontexte u. a. für künftige Lehr- und Lernsituationen liefern (Archer et al., 2010; DeWitt et al., 2013; Eccles, 2009; Hazari et al., 2010; Kessels, 2015b; Köller et al., 2006; Rabe & Krey, 2018).

Um dem Bedürfnis nach weiterer Forschung im Feld Rechnung zu tragen, wurde eine für die Teilstudie I zugrunde liegende Fördermaßnahme theorie- und empiriebasiert entwickelt (vgl. Kapitel 4.2). Hierzu war ein enger Austausch der beteiligten Personen beider Hochschultypen notwendig. Die Intervention wurde im Rahmen eines Hochschulseminars für Masterstudierende im Bereich Naturwissenschaften Sekundarstufe I von 2017 bis 2020 insgesamt viermal durchgeführt. Die

empirische Prüfung der Interventionswirkung erfolgte über ein quantitatives quasi-experimentelles Setting mit Prä-Inter-Post-Design mit insgesamt  $N = 176$  Lehramtsstudierenden.

Die in Kapitel 6 dargestellten Ergebnisse der Teilstudie I werden nachfolgend zusammengefasst, erläutert, diskutiert und in den aktuellen Forschungsstand eingebettet. Zum Zwecke der Übersichtlichkeit erfolgt die Diskussion entlang der in Kapitel 3.1 aufgeführten drei Fragestellungen sowie den daraus abgeleiteten Hypothesen.

## **7.1 Kontextmerkmale und situationales Interesse (Hypothesen 1–3)**

Zur Prüfung der Hypothesen 1 und 2 wurde eine einfaktorielle univariate Varianzanalyse ohne Messwiederholung durchgeführt und mit Post-Hoc-Tests nach Bonferroni auf einem Signifikanzniveau für den Fehler 1. Art von  $\alpha = 5\%$  ergänzt. Die Hypothese 1 konnte teilweise bestätigt werden: Hinsichtlich der Kontextmerkmale Alltagsbezug und Besonderheit wurden zwischen den sechs Forschungskontexten signifikante Unterschiede gemessen, in Bezug auf das Kontextmerkmal Authentizität jedoch nicht. Alle sechs als Kontexte eingesetzte Forschungsprojekte wurden von den Studierenden jedoch in einem ähnlichen Antwortverhalten als mittel bis hoch authentisch eingeschätzt. Eine bivariate Korrelation nach Pearson legte ergänzend dar, dass die Merkmalseinschätzungen Alltagsbezug und Besonderheit stark negativ korrelieren. Über alle sechs analysierten Kontexte hinweg zeigte sich, dass sich die Mittelwerte, mit Ausnahme eines Kontextes, in Bezug auf das Merkmal Besonderheit in einem tiefen und in Bezug auf das Merkmal Alltagsbezug in einem mittelhohen Bereich befinden. Beim abweichenden Kontext handelte es sich thematisch um *Latentspeicher für Heiz- und Kühlanwendungen* (vgl. Kapitel 4.2). Diese Resultate implizieren, dass die in den Forschungsprojekten behandelten Themen für die Studierenden tendenziell nah an ihrer Alltagswelt sind und das Merkmal Besonderheit daher weniger stark zum Tragen kommt (vgl. Kapitel 2.2.1). Die Projekte weisen insgesamt mehr Alltagsbezug und weniger



Besonderheit auf, als dass Forschungsprojekte einer technischen Fachhochschule für Lehramtsstudierende zunächst vermuten lassen. Unter Einbezug vorangehender Studien von van Vorst und Kolleg\*innen wird den alltäglichen Kontexten ein Potenzial zugetragen, dass sie zu höheren wertbezogenen Valenzwerten und einer höheren individuellen Relevanz führen (Habig, Blankenburg et al., 2018; van Vorst, 2013; van Vorst & Aydogmus, 2021). Dies trägt wiederum dazu bei, die in der Fachdidaktik Naturwissenschaften und Technik allseits geforderte Stärkung von Alltags-, Lebensweltbezug und Relevanz in Lernsettings aufzuzeigen (vgl. Kapitel 2.2). Diese Passung kann insofern untermauert werden, als insgesamt alle sechs Lernkontexte in den Mittelwerten zur emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Valenz hoch bis sehr hoch gemessen wurden. Weiter weist eine bivariate Korrelation nach Pearson darauf hin, dass die drei Valenzen zum situationalen Interesse signifikant positiv korrelieren. Offen bleibt in Anlehnung an Resultate einer Studie von Habig (2017), ob der Einsatz zusätzlicher Kontexte mit einem hohen Besonderheitsgrad spezifisch für hoch interessierte Lehramtsstudierende geeigneter wäre. Unabhängig davon kann jedoch festgehalten werden, dass die in der Intervention eingesetzten Forschungsprojekte mit ihrer hohen Authentizitätsausprägung, dem mehrheitlich hohen Alltagsbezug und der damit verbundenen persönlichen Relevanz ein hohes situationales Interesse bei den Lehramtsstudierenden erzeugten.

Dies führte zur Prüfung der Hypothese 2, die eine unterschiedliche Ausprägung der situationalen Interessensvalenzen entlang der sechs Forschungskontexte teilweise bestätigte: Die Ausprägungen der emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Valenzen bei den Lehramtsstudierenden unterscheiden sich signifikant zwischen einzelnen Forschungskontexten, jedoch nicht in Bezug auf den Faktor Geschlecht. Die Post-Hoc-Analyse weist darauf hin, dass Studierende beim Lernen im Kontext 6 zu *Licht für gesunde und produktive Arbeitsplätze* alle drei Valenzwerte des situationalen Interesses signifikant höher einschätzten als Studierende im Kontext 3 über *Werkstoffprüfung in kleinen Dimensionen* und teilweise 4 zum Thema *Licht-Dosimeter zum Messen der Lichtintensität und deren Auswirkung auf den Melatoninspiegel*. Hier

scheint sich eine Tendenz aus anderen Forschungen zu bestätigen, dass technische Kontexte mit human-biologischen Aspekten sowie Umwelt- und Gesundheitsfragen besonderes Interesse bei allen Geschlechtern hervorrufen (vgl. Kapitel 2.3.2.2). Obschon vorangegangene Studien bei technisch geprägten Kontexten geschlechterspezifische Unterschiede bei den Interessen vermuten lassen (z. B. Krapp & Prenzel, 2011; OECD, 2016; Potvin & Hasni, 2014; van Vorst & Aydogmus, 2021), konnten diese in der vorliegenden Studie in Hinblick auf situationale Valenzen nicht bestätigt werden. Eine mögliche Erklärung könnte die in allen Kontexten erkennbare multifaktorielle Verbindung von Technik, Forschung und – wie in der Hypothese 1 dargelegt – dem Alltagsbezug liefern, was gemäß anderen Studien Interessenstendenzen aller Geschlechter vereint (vgl. Kapitel 2.3.2.2) und in der Literatur als Kriterium für gendersensiblen Unterricht gilt (Amon et al., 2014; Bartosch, 2008; Brovelli, Schmid & Gysin, 2019; Faulstich-Wieland, 2009). Des Weiteren kann die vorliegende Stichprobenauswahl mit freiwilliger Fachwahl Naturwissenschaften die vorliegenden Resultate beeinflussen oder mögliche Unterschiede könnten erst bei einem größeren Stichprobenumfang zum Tragen kommen.

Mögliche Zusammenhänge zwischen den Kontextmerkmalen und den Valenzen des situationalen Interesses wurden für die Hypothesenprüfung 3 mittels bivariater Korrelationen nach Pearson analysiert. Das Kontextmerkmal Alltagsbezug korreliert signifikant positiv mit der emotionalen und epistemischen, jedoch nicht mit der wertbezogenen Valenz des situationalen Interesses. Das Kontextmerkmal Besonderheit weist keine signifikanten Korrelationen mit den drei Valenzen auf. Die wahrgenommene Authentizität korreliert signifikant positiv mit allen drei Interessensvalenzen. Diese Resultate weichen von den Ergebnissen aus einer Studie von van Vorst (2013) ab, die bei Chemiekontexten auf der Sekundarstufe II signifikante Effekte aller drei Kontextmerkmale auf das fachbezogene Interesse messen konnte. In Bezug auf das Vier-Phasen-Modell zur Entwicklung von individuellem Interesse nach Hidi und Renninger (2006) wird vermutet, dass insbesondere die Faktoren Authentizität und Alltagsbezug als für die Interessensgenese besonders

geeignet erscheinen. Die Resultate der vorliegenden Studie geben Hinweise darauf, dass genuine Forschungsprojekte insgesamt als authentisch von den Lehramtsstudierenden eingestuft werden. Die wahrgenommene Authentizität korreliert signifikant positiv mit allen drei Interessenvalenzen ( $.31 \leq r \leq .40$ ). Diese Ergebnisse decken sich mit Studien zur naturwissenschaftlichen Vermittlung in Schüler\*innenlaboren bei Engeln (2004) und Pawek (2009) sowie einer entsprechenden Studie in linguistischer Wissenschaftsvermittlung (Betz, 2018), die mittlere positive Korrelationen ( $.29 \leq r \leq .47$ ) zwischen der wahrgenommenen Authentizität und den drei Komponenten des situationalen Interesses nachweisen.

Die vorliegenden Ergebnisse der Einschätzungen von Kontextmerkmalen auf das situationale Interesse von Lehramtsstudierenden implizieren, dass sich technische und naturwissenschaftliche Bildungsinhalte anhand von Forschungsprojekten der technischen Fachhochschulen zielführend in Form von Lernkontexten für die Lehrpersonenausbildung verbinden lassen. Dieser Ansatz kommt dem Desiderat von Schumacher et al. (2019) nach, die für die Integration von technischen Themen für die Umsetzung des naturwissenschaftlichen Curriculums folgendes Vorgehen vorschlagen: „Die Umsetzung des integrierten Ansatzes erfolgt dadurch, dass Frage- und Problemstellungen aus dem technischen Bereich aufgegriffen und dafür genutzt werden, um anhand dieser Problemstellungen die zu Grunde liegenden naturwissenschaftlichen Prinzipien zu erarbeiten“ (Schumacher et al., 2019, 142–143). Podschuweit und Bernholt (2018) konnten in ihrer Studie aufzeigen, dass heterogene bzw. interdisziplinäre Physikkontexte bessere Transferleistungen ermöglichen als fachlich homogene Kontexte. Unter Vermittlung des Energiekonzepts verglichen sie in ihrer Studie das Lernen von Gruppen in fach- und sachlich einheitlichen gegenüber gemischten Kontexten. Die Interdisziplinarität bzw. inhaltliche Verdichtung führt insgesamt zu einer Komplexitätssteigerung, die entsprechende methodisch-didaktische Elemente für eine lernförderliche Umgebung erfordert (vgl. Kapitel 6.2.1). Die Resultate bezüglich der Kontrollvariablen zur kognitiven Belastung der Forschungsfrage 1 weisen darauf hin, dass die sechs

Lernkontexte keinen signifikanten Einfluss auf die wahrgenommene Aufgabenschwierigkeit oder auf die investierte Denkanstrengung haben. Die Studierenden in allen sechs Lernkontexten wiesen eine vergleichbare, mittlere bis leicht hohe kognitive Belastung auf. Probandinnen schätzten die Aufgabenschwierigkeit insgesamt signifikant höher ein als die Probanden. In Anlehnung an van Vorst und Aydogmus (2021) weisen die Resultate darauf hin, dass die Grundvoraussetzung für eine lernwirksame und sich affektiv positiv auswirkende Umgebung gegeben war. Mögliche Limitationen werden in Kapitel 10.4 diskutiert.

Inwiefern sich die in dieser Arbeit beschriebene Fördermaßnahme der Teilstudie I (vgl. Kapitel 3.2) auf affektive Merkmale der angehenden Lehramtsstudierenden auswirkt, wurde mit den nachfolgend dargestellten Analysen der aus Fragestellung 2 abgeleiteten Hypothesen geprüft.

## **7.2 Interventionswirkung (Hypothesen 4–7)**

Das im Kapitel 2.5 vorgestellte Konzept des Lehr-Lern-Labor-Seminars wurde als Rahmen für die authentischen Kontexte in der Lehramtsausbildung genutzt. Gemäß vorangegangenen Forschungen werden dem Format Potenziale zugeschrieben, die Professionskompetenz angehender Lehrpersonen gezielt zu entwickeln. Die Teilstudie I soll einen Beitrag zur Schließung der aktuellen Forschungslücke betreffend Studien mit breiteren Ausrichtungen und stärkerem Design leisten (vgl. Kapitel 2.5.2). Die Fragestellung 2 und vier daraus abgeleitete Hypothesen (vgl. Kapitel 3.1) beziehen sich auf die Wirkung der Intervention in der Teilstudie I (vgl. Kapitel 4.2). Zur Prüfung der Hypothesen 4, 5 und 6 wurde eine zweifaktorielle MANOVA und zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf dem Innersubjektfaktor Zeit mit Signifikanzniveau für den Fehler 1. Art von  $\alpha = 5\%$  durchgeführt. Dabei wurden die Interventions- und die Kontrollgruppe singular betrachtet und erst für die Hypothese 7 zusammengeführt. Für die kombinierten abhängigen Variablen physikbezogenes Interesse und Fähigkeitsselbstkonzept, Einstellungen zu Technikwissenschaften und Naturwissenschaften konnten innerhalb

der Interventionsgruppe signifikante Haupteffekte der Faktoren Zeit und Geschlecht gemessen werden. Somit kann die Hypothese 4 bestätigt werden. Ein Vergleich zwischen den Geschlechtern innerhalb der Interventionsgruppe zeigt, dass der Zeiteffekt nur bei den Probandinnen signifikant ausfällt. Bei der Kontrollgruppe wurden keine Haupt- oder Interaktionseffekte bei den multivariaten Tests gemessen. Diese Effekte zeigen insgesamt eine interventionsbedingte Entwicklung der kombinierten abhängigen Variablen. Dieses Resultat impliziert einen starken Zusammenhang der kombinierten Konstrukte, die im Kapitel 7.3 diskutiert werden.

Um mögliche Auswirkungen der Intervention der Teilstudie I auf einzelne affektive Variablen zu prüfen, erfolgten entsprechende Post-Hoc-Analysen für die Interventionsgruppe. Das Resultat der Hypothese 5 impliziert, dass die Intervention positive, genderspezifische Effekte beim physikbezogenen Selbstkonzept bewirkt. In Bezug auf die Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik konnten jedoch keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden. Im Rahmen der Prüfung der Hypothese 6 wurden zudem hohe Eingangswerte des individuellen Interesses für Physik innerhalb der Interventionsgruppe gemessen, die sich über die Intervention hinweg nicht signifikant veränderten. Die hohen Eingangswerte des physik-bezogenen individuellen Interesses in der Interventions- und Kontrollgruppe weisen auf einen Deckeneffekt hin. Wie im Kapitel 2.3.2 erwähnt, wird ein hohes situationales Interesse als Voraussetzung für eine Interessenssteigerung betrachtet. Obschon die Lehramtsstudierenden beim Lernen in allen sechs Kontexten hohe Werte der drei Interessensvalenzen aufwiesen (vgl. Kapitel 7.1), scheint eine Internalisierung gemäß dem Vier-Phasen-Modell von Hidi und Renninger (2006) auf diesem hohen Interessensniveau schwierig zu erreichen zu sein (Krapp & Prenzel, 2011). Diesbezüglich bleibt offen, ob Kontexte mit einem hohen Besonderheitsgrad als möglichen Einfluss auf die epistemische Valenz diesen Prozess positiv unterstützen könnten (vgl. Kapitel 7.1). Die Prüfung der Kontrollvariable zur extrinsischen Lernmotivation zeigt – trotz unterschiedlicher Entwicklung – zu beiden Messzeitpunkten für die Interventions- und die Kontroll-

gruppe moderate Werte auf. Während in der Kontrollgruppe keine Veränderungen nachweisbar sind, steigen die Werte der Probandinnen in der Interventionsgruppe über die Seminardauer signifikant an. Diese Veränderung könnte dahingehend eingeordnet werden, dass sich mindestens das akademische Umfeld aktiver für ihre Arbeit interessiert und die damit verbundenen Erwartungen von ihnen wahrgenommen werden (vgl. Kapitel 2.3.2.1).

Die Probandinnen in der Interventions- und Kontrollgruppe weisen im Vergleich zu den Probanden zu beiden Messzeitpunkten signifikant tiefere Werte in Bezug auf das Interesse und das Selbstkonzept auf. Die Resultate implizieren einen größeren Unterschied innerhalb der Interventionsgruppe: Während z.B. die Mittelwerte der männlichen Studierenden sich beim physikbezogenen Selbstkonzept auf einem mittleren bis hohen Feld über beide Messzeitpunkte bewegen, zeichnen sich diejenigen der weiblichen Studierenden auf einem tiefen bis mittleren Wert ab. Bei der Kontrollgruppe fallen diese Unterschiede zu beiden Messzeitpunkten weniger stark aus, was – trotz durch Voranalyse grundsätzlich ausgeschlossene Selection-Bias – auf eine feldbedingte Stichprobenverzerrung zurückgeführt werden könnte (vgl. Kapitel 7.5). Die Resultate führen vor Augen, dass der vielfach in den Bildungs- und Sozialwissenschaften deklarierte Gender-Gap insbesondere im Bereich von Fähigkeitskonzept (vgl. Kapitel 2.3.3), aber auch bei Interessen (vgl. Kapitel 2.3.2) in Physik und Technik auch bei Lehramtsstudierenden der Sekundarstufe I zum Tragen kommt. Gleichzeitig implizieren sie, dass dieser Gap durch eine interventions-bedingte positive Entwicklung vermindert werden kann. Gemäß J. Möller und Trautwein (2015) sollte ein Selbstkonzept keinen zu hohen Wert erreichen, da dies zu negativen Auswirkungen, wie z. B. Überschätzung der eigenen Fähigkeiten, führen kann. Die Messung des Fähigkeitsselbstkonzepts in der Teilstudie I erfolgte absolut und im Prä-Post-Vergleich individuell-temporal.

Die Resultate der Teilstudie I können für die Interventionsgruppe dahingehend eingeordnet werden, dass tiefe Selbstkonzepte – die vorwiegend bei Probandinnen vorliegen – während der Intervention leicht positiv steigen und bereits mittlere bis leicht hohe Selbstkonzepte – die

vorwiegend bei Probanden vorhanden sind – stabilisiert werden. Dies wiederum kann sich unterstützend auf Schüler\*innen auswirken, da Lehrpersonen mit einem positiven Fähigkeitsselbstkonzept Lernende besser zu motivieren scheinen (Harms & Riese, 2018). Unter Berücksichtigung früherer theoretisch-empirischer Studien wird vermutet, dass sich soziale Aspekte wie die freie Gruppenwahl, reflexive Analysen möglicher Prototyp-Abgleiche (vgl. Kapitel 2.3.1.4) sowie das implizit umgesetzte Prinzip der Students as Partners (Cook-Sather, 2014; Dvorakova, 2021; Healey et al., 2016) zwischen den wissenschaftlichen Mitarbeitenden der technischen Fachhochschule und den Lehramtsstudierenden positiv auf die Fähigkeitsselbstkonzeptentwicklung auswirken. Weiter können diese Aspekte in der Teilstudie I einen positiven Einfluss auf mögliche Bezugsrahmeneffekte sowie Attributionszuschreibungen (vgl. Kapitel 2.3.3) haben und als mögliche Disposition für die Selbstkonzeptentwicklung insbesondere bei Probandinnen betrachtet werden. Inwiefern sich diese Komponenten auf das Konstrukt bzw. den Grad der Zugehörigkeit auswirken, bleibt an dieser Stelle offen und müsste in weiterführenden Studien geklärt werden.

Die Resultate des Selbstkonzepts unterscheiden sich insgesamt mit der im Kapitel 2.3.3.5 erwähnten Studie von Elsholz (2019). Bei den Lehramtsstudierenden im LLL-Seminar zeigte sich im individuellen Vergleich kein Geschlechterunterschied. Beim Messen des fähigkeitsbezogenen Selbstkonzepts für das Fach Physik im sozialen Bezugsrahmen, also im Vergleich mit anderen Studierenden, wiesen die Probandinnen signifikant tiefere Werte auf als die Probanden. Diese Unterschiede könnten darauf hindeuten, dass bei der hier vorliegenden Teilstudie I der soziale Bezugsrahmen implizit auf das individuelle Antwortverhalten der Studierenden Einfluss genommen hat. Bei der Studie von Elsholz (2019) hingegen traf diese implizite Einflussnahme durch Differenzierung der Items entlang der absoluten, kriterialen, sozialen und individuellen Bezugsrahmen weniger zu. Weiter gilt zu beachten, dass die Lehramtsstudierenden sich durch die integrative naturwissenschaftliche und reine Physikausbildung auf Lehramt in den beiden Studien unterscheiden. Es wird aufgrund anderer Studien ver-

mutet, dass sich insbesondere die weibliche Kohorte der vorliegenden Teilstudie I durch die integrative naturwissenschaftliche Ausbildung teilweise andere Fachbereiche, wie Biologie oder Chemie, mehr zutraut (vgl. Kapitel 2.3.3.5). Entlang des *Internal-External-Frame-of-Reference-Modells* (vgl. Kapitel 2.3.3.3) findet im integrativen Ausbildungssetting der dimensionale Vergleich zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern häufiger statt als in einem fachseparierten Setting. Unter Einbezug des mehrfach in der Theorie erwähnten Einflusses von Selbstkonzept auf nachfolgende Lernleistungen (vgl. Kapitel 2.3.3.5) hat die vorliegende Teilstudie I das Potenzial, die Performanz der Lehramtsstudierenden in Bezug auf Physik und Technik zu steigern. Im Sinne des *Reciprocal-Effects-Modells* (REM) (Marsh et al., 2005) wird vermutet, dass sich die Werte des Interesses und des Fähigkeitsselbstkonzepts nach der Intervention auf künftige Lernsituationen und die während der Intervention erbrachte Leistung auf die Entwicklung der affektiven Merkmale auswirken. Daraus resultiert die Hypothese in Anlehnung an Befunde von Lagler und Wilhelm (2013), dass Studierende domänenspezifische Themen im integrativen Naturwissenschaftsunterricht eher unterrichten bzw. nicht weglassen, wenn sie sich es zutrauen. Die gesteigerte Professionskompetenz (vgl. Kapitel 2.4.2) kann sich positiv auf künftige kognitive und affektive Ergebnisse der Schüler\*innen auswirken (u.a. Baumert et al., 2010; Bellová et al., 2021; Blömeke et al., 2015; H. C. Hill et al., 2005; M. M. Keller et al., 2017; Lagler & Wilhelm, 2013; Lipowsky, 2006; Olszewski, 2010). Eine auf der Untersuchung von 77 Physiklehrpersonen in Deutschland und der Schweiz basierende Studie von M. M. Keller et al. (2017) impliziert, dass zur Steigerung der Schüler\*innenperformanz insbesondere bei dem Fachwissen und der Motivation der Lehrperson angesetzt werden sollte. Weiter weisen Resultate von Olszewski (2010) darauf hin, dass auch das fachdidaktische Wissen der Lehrperson und die Schüler\*innenleistungen in Physik korrelieren.

Bezüglich der Entwicklung des Selbstkonzepts fokussierte die Studie von Elsholz (2019) auf die fachdidaktische Ausrichtung. Während Studierende mit fehlender Praxiserfahrung nach der Intervention im LLL-



Seminar tiefere Selbstkonzeptwerte verzeichneten, nahmen bei männlichen und weiblichen Studierenden mit Praxiserfahrung die Werte leicht zu. Der Einfluss des Geschlechts auf die Entwicklung konnte dabei nicht explizit geprüft werden. Im Vergleich auf die vorliegende Teilstudie I lassen sich diese Resultate entlang der Praxiserfahrung einordnen: Die Lehramtsstudierenden der PH Luzern erfahren während der gesamten Ausbildung integrative Praxisphasen (vgl. Kapitel 5.1) und verfügten zur Interventionszeit über Praxiserfahrung. In Anlehnung an Elsholz (2019) kann dieses Lehr-Lern-Labor-Seminar einen Beitrag leisten, durch die reflexive Auseinandersetzung mit der persönlichen Professionskompetenz und den Voraussetzungen der Lernenden der Zielstufe sowie der engen Begleitung durch Dozierende den „Praxischock“ insbesondere in Physik und Technik etwas zu mindern (Beauchamp & Thomas, 2009; Beijaard et al., 2004; Voss & Kunter, 2020).

Bezüglich der positiven Einstellungen zu Berufen in den Technikwissenschaften und Naturwissenschaften konnten keine genderspezifischen Unterschiede gemessen werden. Die gemessenen Einstellungswerte befanden sich sowohl in der Interventions- als auch in der Kontrollgruppe auf einem hohen bis sehr hohen Niveau, wobei die positiven Einstellungen gegenüber Berufen in Technikwissenschaften leicht höher ausfielen als jene Werte gegenüber Naturwissenschaften. Diese Resultate decken sich insgesamt mit denjenigen des Nachwuchsbarometers Technikwissenschaften aus dem Jahr 2009 in Deutschland sowie mit denjenigen des MINT-Nachwuchsbarometers aus dem Jahr 2012 in der Schweiz (Boerlin et al., 2014; acatech & VDI, 2009). Lehramtsstudierende in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I scheinen in beiden Bereichen eine positive Grundeinstellung aufzuweisen, was für die Zuwendung zum gewählten Themengebiet spricht. Des Weiteren verändert der Bezug zu einer technischen Fachhochschule das Bild nicht negativ – im Sinne eines *Realitätsschocks* –, sondern bleibt auf hohem Level. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass Merkmale für einen gendersensiblen Unterricht, wie z.B. Reflexion der Stereotype und Einfluss anderer Akteur\*innen, berücksichtigt wurden (Amon et al., 2014). Eine differenzierte Betrachtungsweise von Ein-

stellungsmerkmalen wurde in dieser Studie nicht vorgenommen. Es ist zu erwarten, dass differenziertere Analysen in der Literatur mehrfach beschriebene Unterschiede hervorbringen würden (vgl. Kapitel 2.3.1).

Die unterschiedliche Entwicklung von Interventions- und Kontrollgruppe (Hypothese 7) wurde anhand einer dreifaktoriellen MANOVA und dreifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf dem Inner-subjektfaktor Zeit geprüft und konnte bestätigt werden. Für die kombinierten abhängigen Variablen konnte ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen der Zeit und den Untersuchungsgruppen gemessen werden. Es lassen sich bei den univariaten Tests pro abhängige Variable jedoch keine signifikanten Effekte für den Faktor Zeit messen. Eine mögliche Limitation aufgrund der Stichprobengröße und -auswahl wird im Kapitel 7.5 diskutiert.

Im nachfolgenden Kapitel werden mögliche Zusammenhänge zwischen den in der Intervention geprüften abhängigen Variablen entlang der Fragestellung 3 und den damit verbundenen Hypothesen 8 bis 10 diskutiert.

### **7.3 Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Konstrukten in der Interventionsgruppe (Hypothesen 8–10)**

Um die möglichen Zusammenhänge der affektiven Merkmale innerhalb der Intervention zu analysieren (vgl. Fragestellung 3, Hypothesen 8–10), wurde ein Strukturgleichungsmodell aufgrund einer theoretischen Fundierung eines Identitätsrahmens für die Fachdomäne Physik nach Rabe und Krey (2018) erstellt und empirisch geprüft. Das Modell wurde mit den erhobenen Konstrukten individuelles Interesse, positive Einstellungen zu Berufen in den Naturwissenschaften und Technik sowie dem physikbezogenen Selbstkonzept anhand der Postdaten der Interventionsgruppe berechnet. Die Einstellungsdimensionen wurden aus Komplexitätsgründen einzeln ins Modell aufgenommen und geprüft. Das berechnete Strukturgleichungsmodell weist mit den Daten der vorliegenden Interventionsstudie für beide Einstellungskonstrukte

einen passenden Modellfit auf und kann empirisch bestätigt werden (Hypothese 8). Die standardisierten Pfadkoeffizienten der drei Kovarianzen zeigen einen bedeutsamen bis hohen Zusammenhang auf, mit einer Ausnahme: Zwischen dem physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept und den positiven Einstellungen für Naturwissenschaften ist kein direkt signifikanter Zusammenhang nachweisbar. Eine mögliche Erklärung ist, dass die vorliegenden Konstrukte sensibel messen und durch die technischen Kontexte nur das entsprechende Einstellungskonstrukt für Technik, jedoch nicht für Naturwissenschaften direkt messbar auf das Selbstkonzept wirkt. Dieses Resultat der Teilstudie I stützt die Annahme, dass die affektiven Konstrukte positive Einstellungen, Interesse und Fähigkeitsselbstkonzept eng miteinander verbunden sind und positiv aufeinander wirken (Eccles & Wigfield, 2002; Köller et al., 2006; Sheldrake et al., 2019).

Das Modell wurde anschließend um die möglichen Prädiktoren Geschlecht und Physiknote des Maturitätsschulabschlusses bzw. des PH-Vorkurses erweitert und verglichen. Der Vergleich der drei Modelle zeigte die beste Passung mit beiden Prädiktoren. Die Analyse wies auf einen bedeutsamen direkten Einfluss des Geschlechts sowie der Physiknote auf das physikbezogene individuelle Interesse und auf das entsprechende Fähigkeitsselbstkonzept hin (Hypothesen 9 und 10). Aus den Modellwerten lässt sich schließen, dass die männlichen Lehramtsstudierenden im Vergleich mit den weiblichen Studierenden ein höheres physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept und ein höheres physikbezogenes individuelles Interesse aufweisen. Weiter weisen die Daten im Modell darauf hin, dass Studierende mit einer guten Abschlussnote in Physik tendenziell ein höheres physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept und ein höheres physikbezogenes individuelles Interesse aufweisen als Lehramtsstudierende mit einer schlechten Abschlussnote in Physik. Um die Modellierung zu visualisieren, wird das im Kapitel 6.4.1 aufgeführte Strukturgleichungsmodell nachfolgend in der Abbildung 56 nochmals präsentiert:

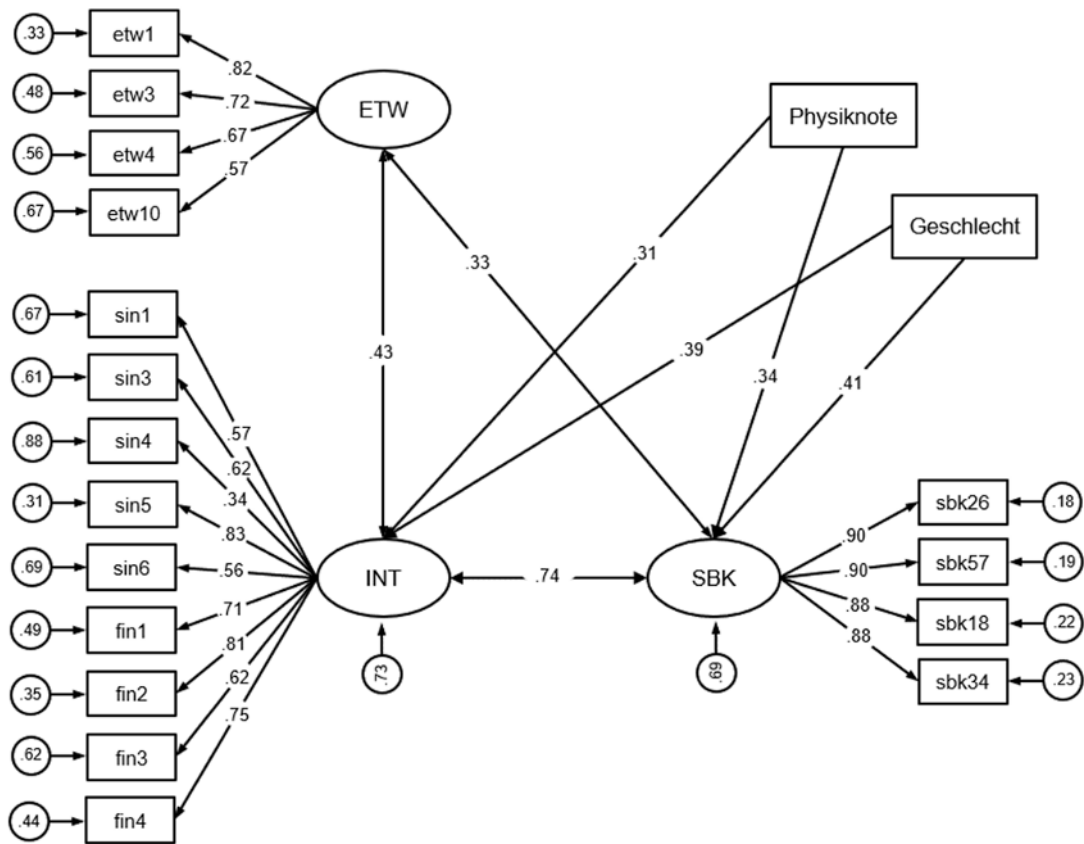


Abbildung 56: Vollständiges Strukturgleichungsmodell 1c zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ETW = Einstellungen Technikwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH

Im Sinne des Emerging Adulthood (Arnett, 2000) stellt die Phase der Lehramtsausbildung eine sensitive Entwicklungsphase dar. Das zur Identitätsarbeit bzw. Identitätskonstruktion (vgl. Kapitel 2.4) in Anlehnung an den aktuellen theoretischen Forschungsstand der Naturwissenschaftsdidaktik geprüfte Modell wurde mit den vorliegenden Daten empirisch bestätigt. Die in der Teilstudie I erhobenen Konstrukte individuelles Interesse, Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik sowie physikbezogenes Selbstkonzept konnten in der Modellierung als Faktoren mit Zusammenhängen und möglichen Wirkungen einer Teilidentität für angehende Lehrpersonen für Naturwissenschaften und

Technik erstellt und berechnet werden. In Verbindung mit der theoretischen Rahmung der Professionalisierung, entlang des *psychologisch-kompetenztheoretischen Ansatzes* (Baumert & Kunter, 2006), kann das Modell für weiterführende Studien als unterstützendes Analyseinstrument dienen.

Es kann festgehalten werden, dass sich das Konstrukt der fachbezogenen Teilidentität für Physik-Technik mit dem vorliegenden Modell empirisch quantitativ prüfen lässt. Quantitative Daten können aber nur einen Teil des Identitätsrahmens erfassen und sollten in weiterführenden Studien mit qualitativen Erhebungen ergänzt werden, um ein umfassendes Bild zu erhalten. Die Modellierung der fachspezifischen Teilidentität zeigt die Konstruktzusammenhänge auf, und dass diese teilweise vom Geschlecht und den vorangehenden Noten beeinflusst werden. Im Sinne des Reciprocal-Effects-Modells (REM) (Marsh et al., 2005) werden neben dem Einfluss der Vorleistung auch Einflüsse von Selbstkonzept und Interesse auf nachstehende Leistungen erwartet. Diese gilt es aber in einer nachfolgenden Studie zu prüfen.

Mit dem vorliegenden Modell der Teilidentität können im Sinne des Selbst-Prototyp-Abgleichs weiterführend mögliche Hinweise für persönliche und vermittelte Rollenbilder im Unterricht erschlossen werden (Kessels et al., 2006; Kessels, 2015b; Wentorf et al., 2017). Durch die Rollenfunktion prägen die angehenden Lehrpersonen auch das Fachimage in der Praxis mit (vgl. Kapitel 2.3.1.4). Eine Erweiterung des Modells aufgrund einer genügend großen Stichprobe durch weitere potenzielle Prädiktoren kann weiterführende Analysen unterstützen.

Mittels einer erweiterten Hypothesenprüfung (Ha-d) wurden zudem in einem Modell mögliche direkte Einflüsse auf das fähigkeitsbezogene Selbstkonzept für Physik geprüft. Die positiven Einstellungen zu Technikwissenschaften bzw. Naturwissenschaften wirken – unter Konstanthaltung von Physiknote und Geschlecht – direkt positiv auf das physikbezogene individuelle Interesse, jedoch nicht auf das entsprechende Fähigkeitsselbstkonzept. Gemäß der post-hoc durchgeführten Mediationsanalyse fungiert das individuelle Interesse als Mediator zwischen den Einstellungen, der Physiknote und dem Ge-

schlecht auf das Fähigkeitsselbstkonzept. Durch das Modell konnten bei den technikbezogenen Einstellungen insgesamt 40 % der Varianz von Interesse und 68 % der Varianz von Selbstkonzept erklärt werden. Mit dem naturwissenschaftlichen Einstellungskonstrukt konnten insgesamt 34 % der Varianz von Interesse und 70 % der Varianz von Selbstkonzept erklärt werden. Das Modell impliziert damit, dass der affektive Förderansatz bei MINT-Interventionen bei Interesse und Selbstkonzept gleichzeitig erfolgen sollte.

Um die diskutierten Ergebnisse der Teilstudie I zusammenzuführen, findet im nachfolgenden Kapitel eine Konklusion statt.

## **7.4 Konklusion der Diskussion der Teilstudie I**

Die Teilstudie I stellte das Lernen in und über Kontexte für physikalisch-technische Inhalte dar und untersuchte Identitätsmerkmale der angehenden Lehrpersonen. Studien weisen darauf hin, dass für einen entsprechenden Einsatz kontextualisierter Lernszenarien anstelle von klassischem Unterricht das Professionswissen als Zusammenhang von fachlichem, fachdidaktischem und pädagogischem Wissen, aber auch die Motivation einer Lehrkraft sowie ihre Überzeugungen und ihre Fähigkeit zur Selbstregulation entscheidenden Einfluss haben (Baumert & Kunter, 2006; Lupión-Cobos et al., 2017; N. Ültay & Çalık, 2012). Es konnte in der vorliegenden Teilstudie I aufgezeigt werden, dass affektive Merkmale der Teilidentität Physik, durch Interventionen mit authentischen Forschungskontexten und Praxisphase im LLL-Seminar, positiv beeinflusst werden können.

Damit Lehrpersonen im Schulalltag eine adäquate Auswahl bzw. ein korrekter Bezug von physikalisch-technischem Fachwissen zu alltäglichen und besonderen Kontexten gelingt, muss dies bereits während der Lehramtsausbildung trainiert werden (E. Ültay, 2017). Savelsbergh et al. (2016) gehen in ihrer Metaanalyse zu innovativen Lernkonzepten in Naturwissenschaften und Mathematik davon aus, dass die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen zu innovativen Lernkonzepten, wie das kontextualisierte Lernen, umfangreich sein muss, um eine messbare

Wirkung auf die Leistungen und die Einstellung der Schüler\*innen zu erzielen. Als Anhaltspunkt für Leitlinien können die theoretisch geleiteten Vorschläge von Prins et al. (2016) für die Umwandlung authentischer Modellierungspraktiken in naturwissenschaftliche Lernkontexte – mit Bezug zu wissenschaftlichen Aktivitäten, Inhalten und Werkzeugen – dienen.

Zusammengefasst leistet diese Teilstudie I mit ihren Resultaten einen Beitrag, um die Forschungslücke über die Wirkung von Lehr-Lern-Labor-Seminaren auf affektive Merkmale, wie domänenspezifische Fähigkeitsselbstkonzepte, zu schließen (Rehfeldt et al., 2020). Die damit verbundenen Limitationen der Studie werden im nächsten Kapitel erörtert.

## **7.5 Grenzen und Aussagekraft der Teilstudie I**

Die umfassende Analyse von authentischen Kontexten für das Lehr-Lern-Labor-Seminar mit affektiven Wirkmechanismen rezipiert bisherige Studien und erweitert das aktuelle Forschungsfeld. Gleichzeitig haben sich Limitationen bezüglich der Stichprobe, der Erhebungsinstrumente, aber auch in Bezug auf das Design gezeigt. Diese werden nachfolgend erläutert.

Für die Stichprobe der Interventions- und Kontrollgruppe wurden Daten über insgesamt vier Jahre erhoben. Damit weist die Stichprobe eine qualitative Güte über die Zeit auf. Zudem zeigte eine Messinvarianzprüfung für gemessene Konstrukte über den Faktor Zeit und Gruppe skalare Messinvarianz auf. Insgesamt bleibt die Stichprobe mit  $N = 176$  für Berechnungen insbesondere in Subgruppen jedoch klein. Dies zeigte sich z.B. in der Fragestellung 1 für die Analysen der einzelnen Kontexte entlang der Begleittests I und II.

Obschon mögliche Selection Bias (Döring & Bortz, 2016) aufgrund der Rekrutierung bei der Fragestellung 2 zur Interventionswirkung in der Prämessung geprüft wurden, weist die Stichprobe der Kontrollgruppe auf eine Verzerrung hin. In der Kontrollgruppe haben Studierende zu beiden Messzeitpunkten gänzlich freiwillig teilgenommen, während bei der Interventionsgruppe im Rahmen des LLL-Seminars

grundsätzlich eine Teilnahme erwartet wurde und es dadurch nur einzelne Abbrüche gab. Es wird vermutet, dass in der Kontrollgruppe weniger interessierte Personen bzw. solche mit einem tieferen Einstellungs- und Selbstkonzeptwert gar nicht teilgenommen haben und dies zu einer unterschiedlichen Entwicklung bzw. Disposition führte. Die Interventionswirkungsprüfung in der Fragestellung 2 (vgl. Kapitel 6.3) zwischen Interventions- und Kontrollgruppe anhand der Hypothesenprüfung 3 weist auf einen möglichen  $\beta$ -Fehler hin, was eine Erklärung für das nicht signifikante Ergebnis in der Post-Hoc-Analyse darstellen könnte. Eine Poweranalyse für alle statistischen Verfahren wurde im Vorfeld der Studie mit dem Tool G\*Power vorgenommen (Faul et al., 2007), wobei eine Teststärke von mindestens 80 % erzielt werden sollte. Für die dreifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung ( $f = .25$ ,  $r = .5$ ,  $\alpha = 5\%$ ) wurde a priori insgesamt eine Stichprobengröße von  $N = 136$  berechnet. Diese Voraussetzung konnte in der Studie mit einem Erhebungszeitraum von vier Jahren erfüllt werden. Die deutlich kleinere Kontrollgruppe konnte jedoch nicht abgefangen werden, da das Feld in den vier Jahren Erhebungszeit nicht mehr Daten hervorbrachte. Es gab nur wenige Studierende mit Fachwahl Naturwissenschaften und Technik, die das Seminar der Intervention nicht besuchten, aber ansonsten vergleichbare Bedingungen aufwiesen. Entsprechend kann es – trotz geklärter Voraussetzungen – zu einer Verzerrung sowie unzulänglicher Power für die Post-Hoc-Analyse gekommen sein (Field, 2018). Liberalere Schätzer für die Post-Hoc-Analyse, wie z. B. der Schätzer *Hochbergs GT2* (Hochberg, 1974) bei sehr unterschiedlichen Gruppengrößen und homogenen Populations-Varianzen, brachten keine zusätzlichen Informationen hervor. Die Möglichkeit einer Angleichung der Experimentalgruppengröße an diejenige der Kontrollgruppe wurde als für diese Studie nicht zielführend eingeschätzt, da so die Gesamtstichprobe zu klein geworden wäre (Leonhart, 2017).

Für die Teilstudie I wurden bereits erprobte Instrumente aus der fachdidaktischen Forschung genutzt und mit konfirmatorischen Faktoranalysen geprüft. Trotz dieser Passung greift das Instrument zur Erhebung der Einstellungen in den Naturwissenschaften und Technikwissen-



schaften insgesamt zu kurz. Die Berufsvorstellungen und das damit verbundene Image des Felds stellen wichtige Einstellungsfaktoren dar. Es wurden aber nur positive Einstellungen erfragt, die sich explizit auf die Berufe in den jeweiligen Disziplinen bezogen. Das Erfassen weiterer individueller und sozialer Einstellungsmerkmale, so auch möglicher geschlechterspezifischer Stereotype (vgl. Kapitel 2.3.1.4), könnte zu mehr Differenzierung in künftigen Studien beitragen. Für die Erfassung von impliziten Einstellungen könnten auch sogenannte Assoziationen-Tests in Betracht gezogen werden.

Das Modell der Teilidentität als Prozessanalyserahmen der Identitätsarbeit (vgl. Fragestellung 3) wird insgesamt als unvollständig betrachtet. Um ein umfassendes Bild zu ermitteln, müsste das Modell um qualitative Faktoren aus dem sozialpsychologischen Rahmen erweitert werden, wie von Rabe und Krey (2018) gefordert. Die vorliegenden quantitativen Daten geben insgesamt nur eine Momentaufnahme wieder, können allerdings eine wichtige Grundlage für die Einordnung der Identität von angehenden Lehrpersonen in Physik und Technik bieten.

Die Intervention der Teilstudie I wurde insgesamt über einen Zeitraum von mehreren Wochen durchgeführt, was grundsätzlich eine stabile Entwicklungsgrundlage bietet. Gleichzeitig fehlt ein Follow-up-Test, der die Wirkung über einen längeren Zeitraum bestätigen würde. Zudem könnte die Modellierung latenter Konstrukte wie eines Latent Change Score Model (LCSM) unter Berücksichtigung der Fehlervarianzen weitere Informationen über die Entwicklungen liefern. Ob diese pädagogische bzw. fachdidaktische Intervention als für die Praxis relevant betrachtet wird, muss letztlich von weiteren Akteur\*innen des Felds beurteilt werden.

Nachfolgend werden die im Kapitel 4.3 dargestellten Interventionen der Teilstudie II weiterverfolgt. Analog zur Teilstudie I folgen ein Kapitel zum Methodenteil, zu den Ergebnissen und die daraus resultierende Diskussion.



## 8 Methode zur Teilstudie II

Dieses Kapitel beschreibt das methodische Vorgehen zum Beantworten der im Kapitel 3.1 aufgeführten Forschungsfragen und Überprüfen der Hypothesen der zweiten Teilstudie über Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen. Die Beschreibungen erfolgen in den Teilkapiteln Stichprobe, Durchführung, Erhebungsinstrumente und Auswertungsmethoden.

### 8.1 Stichprobe

Die Teilstudie II beinhaltete eine zweiteilige Stichprobe, Interventionsgruppe 1 aus der Kurzintervention der Hochschule Luzern T&A (vgl. Kapitel 4.3.1) und Interventionsgruppe 2 aus der Kurzintervention der Lernwerkstatt an der PH Luzern (vgl. Kapitel 4.3.2). Das Einzugsgebiet der Schulklassen erstreckte sich über alle Zentralschweizer Kantone. Zusätzlich reisten zwei Klassen aus dem Kanton Aargau an. Im Folgenden werden die einzelnen Interventionsgruppen 1 und 2 nacheinander näher beschrieben:

Die Teilnahme an der Kurzintervention der Hochschule Luzern T&A (Interventionsgruppe 1) war freiwillig und stand allen Zentralschweizer Lehrpersonen mit Klassen aus dem 8. und 9. Schuljahr mit allen Lernniveaus offen. Auf die Teilnahme aufmerksam gemacht wurde innerhalb einer Impulsgruppenveranstaltung für Lehrpersonen des Fachs Natur und Technik an der PH Luzern und anschließend jährlich via Mail mit einem Informationsschreiben und Hinweis auf das Anmeldefenster. Den Schulklassen wurde eine kostenlose Teilnahme zur Interessensförderung für physikalisch-technische Inhalte an den Präsentationsmorgen an der Hochschule Luzern T&A als Anreiz für die Befragungsteilnahme in Aussicht gestellt. Abbrüche von Schüler\*innen während der Datenerhebungen wurden akzeptiert. Die Datenerhebung erstreckte sich über den Zeitraum von 2018 bis 2020, wobei jeweils während vier Halbtagen im Herbstsemester zwischen November bis Dezember Daten der Schulklassen vor und nach dem Präsentationsmorgen der PH-Student\*innen

an der Hochschule Luzern T&A erhoben wurden. Die Anzahl zwischen den Erhebungszeitpunkten variierte aufgrund von krankheitsbedingten Ausfällen sowie einzelnen Abbrüchen, sodass für die weiteren Analysen nur vollständige Datensätze zu beiden Messzeitpunkten berücksichtigt wurden (listenweiser Fallausschluss). Insgesamt nahmen 23 Schulklassen der Sekundarstufe I mit  $N = 301$  Schüler\*innen (53,5% weiblich) im Alter von 12 bis 16 Jahren ( $M = 13.96$ ,  $SD = 0.91$ ) zu beiden Messzeitpunkten an der Befragung teil.

Die Interventionsgruppe 2 für die Kurzintervention in der Lernwerkstatt an der PH Luzern setzte sich aus 45 Schulklassen des 5.–9. Schuljahres zusammen (30 Klassen Primar im 5. und 6. Schuljahr, 15 Klassen Sekundarstufe I im 7.–9. Schuljahr) mit  $N = 855$  Schüler\*innen (49,0% weiblich,  $n = 575$  Primarstufe,  $n = 280$  Sekundarstufe I) im Alter zwischen 9 und 15 Jahren ( $M = 11.69$ ,  $SD = 1.22$ ). Drei weitere angemeldete Klassen mussten aufgrund der Corona-Pandemie kurzfristig absagen. Die Studienteilnahme war freiwillig und stand allen Lehrpersonen innerhalb der Zentralschweiz sowie angrenzenden Kantonen mit Schulklassen vom 5. bis 9. Schuljahr mit allen Lernniveaus offen. Begabungsförderungsgruppen wurden für die Teilnahme ebenfalls zugelassen, diese Daten wurden aber in der vorliegenden Studie für die Analyse nicht berücksichtigt. Auf das Angebot der Lernwerkstatt „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“ wurde via Informationsmail und Flyer sowie auf der Webseite der PH Luzern hingewiesen. Als Anreiz zur Studienteilnahme wurde den Schulklassen eine kostenlose Teilnahme zur Interessensförderung für physikalisch-technische Inhalte in der Lernwerkstatt an der PH Luzern in Aussicht gestellt. Die Datenerhebung fand vor und während des Besuchs der Lernumgebung von August bis Oktober im Jahr 2020 statt. Die Anzahl zwischen den Erhebungszeitpunkten schwankte, wie in der Interventionsgruppe 1, sodass für die weiteren Analysen ebenfalls nur vollständige Datensätze zu beiden Messzeitpunkten berücksichtigt wurden (Listenweiser Fallausschluss).

In der Tabelle 46 sind die soziodemografischen Daten der beiden Interventionsgruppen der Teilstudie II einzeln und gesamthaft auf-

Tabelle 46: Soziodemografische Angaben der Schüler\*innen in der Interventionsgruppe 1 und 2

Stichprobe	N	Geschlecht		Alter		
		% weiblich	M	SD	Min	Max
Interventionsgruppe 1 HSLU T&A	301	53,5%	13.96	0.91	12	16
Interventionsgruppe 2 Lernwerkstatt PH Luzern	855	49,0%	11.69	1.22	9	15
Gesamt	1 156	50,2%	12.28	1.52	9	16

geführt. Die Stichprobe setzte sich insgesamt aus 68 Schulklassen (davon 30 Primarstufe im 5. und 6. Schuljahr, 38 Sekundarstufe I im 7.–9. Schuljahr) mit  $N = 1165$  Schüler\*innen (50,2 % weiblich,  $n = 575$  Primar,  $n = 581$  Sekundarstufe I), im Alter zwischen 9 und 16 Jahren ( $M = 12.28$ ,  $SD = 1.52$ ), zusammen.

## 8.2 Durchführung der Teilstudie

Den Lehrpersonen, die ihre Schulklasse(n) für die Teilnahme an der Intervention an der Hochschule Luzern T&A (Interventionsgruppe 1) oder an der Lernwerkstatt der PH Luzern (Interventionsgruppe 2) angemeldet hatten, wurde via Mail ein zweiseitiges Informationsschreiben für sie und die Erziehungsberechtigten zur Studiendurchführung zugestellt. Für Studienteilnehmende der Interventionsgruppe I erhielt die Lehrperson den Präfragebogen als PDF-Version via Mail mit der Bitte, diesen auszudrucken und gemäß separater Instruktion mit den Schüler\*innen eine Woche vor dem Besuch auszufüllen. Die Lehrpersonen der Interventionsgruppe 2 erhielten zusammen mit der Instruktion einen Link zum Präfragebogen im Onlinetool „LimeSurvey“ inkl. einer pro Klasse aufbereiteten Liste mit 24 einzelnen, den Schüler\*innen zuweisbaren Codes. Diese Token wurden online mit dem Tool „Voucherify“ generiert und setzten sich aus einer Gruppenbezeichnung mit Zahl und Groß-

buchstabe (z. B. A1) und vier Kleinbuchstaben (z. B. axmb) zusammen. Komplexe Buchstabenkombinationen wurden dabei extrahiert.

Der Fragebogen wurde in der Interventionsgruppe 1 zu beiden Messzeitpunkten mit Papier und Stift ausgefüllt und beinhaltete zu Beginn eine kurze Instruktion sowie die Erstellung eines gleichbleibenden anonymen Codes, um die Fragebogen der zwei Messzeitpunkte den jeweiligen Schüler\*innen zuordnen zu können. Um mögliche Gruppeneffekte bzw. die Intraklassenkorrelation zu prüfen, wurden die Fragebogen zur weiteren Analyse mit einem zusätzlichen Klassencode versehen. Die Interventionsgruppe 2 füllte den Fragebogen digital aus: Jede\*r Schüler\*in einer Klasse wurde durch die Lehrperson ein vordefinierter anonymisierter Code zugeteilt. Anschließend erfolgte im Tool „LimeSurvey“ die Kurzinstruktion zum Fragebogen. Die Lehrperson sollte die zugewiesenen Codes am Interventionshalbtage für den Posttest mitbringen. Um eine Standardisierung zu allen Erhebungszeitpunkten durch die Lehrpersonen im Prätest und durch die Versuchsleitenden im Posttest zu ermöglichen, erhielten alle die folgende Instruktion: Die Lehrpersonen und Versuchsleitenden unterstützen bei der korrekten Codeerstellung bzw. Codeeingabe, achten auf eine ruhige Atmosphäre mit Einzelarbeit, stehen während der Bearbeitung für Fragen der Schüler\*innen zur Verfügung, erklären aber keine Items inhaltlich. Prä- und Post-Test nahmen jeweils 10 bis 15 Minuten Zeit in Anspruch. Aufgrund der Bereitstellung der digitalen Geräte wurden 5 Minuten Reservezeit mehr eingerechnet als bei der Papier-Stift-Version. Die Einhaltung der pandemiebedingten Schutzmaßnahmen während der Interventionsdurchführung im Jahr 2020 war über den gesamten Erhebungszeitraum hinweg gewährleistet.

In der Abbildung 57 sind die einzelnen Messzeitpunkte mit den erhobenen Konstrukten für die Interventionsgruppe 1 und in der Abbildung 58 für die Interventionsgruppe 2 aufgeführt.

Die Urliste der Daten für den Längsschnitt der Interventionsgruppe 1 wurde durch eine studentische Hilfskraft aufgrund eines Manuals im Anschluss an die Befragungen in SPSS erfasst. Die online erhobenen Daten der Interventionsgruppe 2 wurden aus dem dafür verwendeten Tool LimeSurvey als CSV-Datei exportiert, um die Daten anschließend

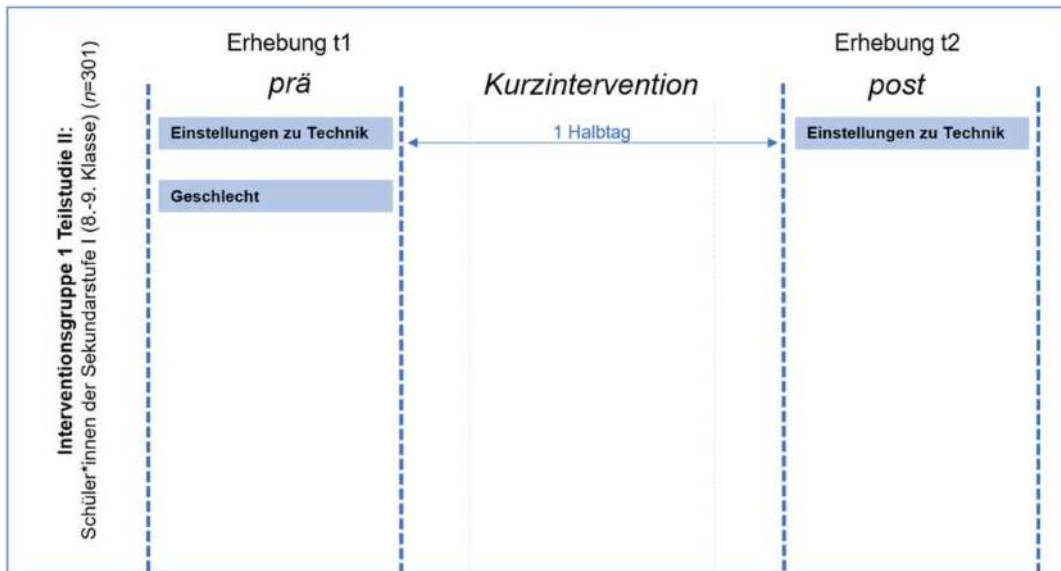


Abbildung 57: Messzeitpunkte und erhobene Konstrukte Interventionsgruppe 1 Teilstudie II

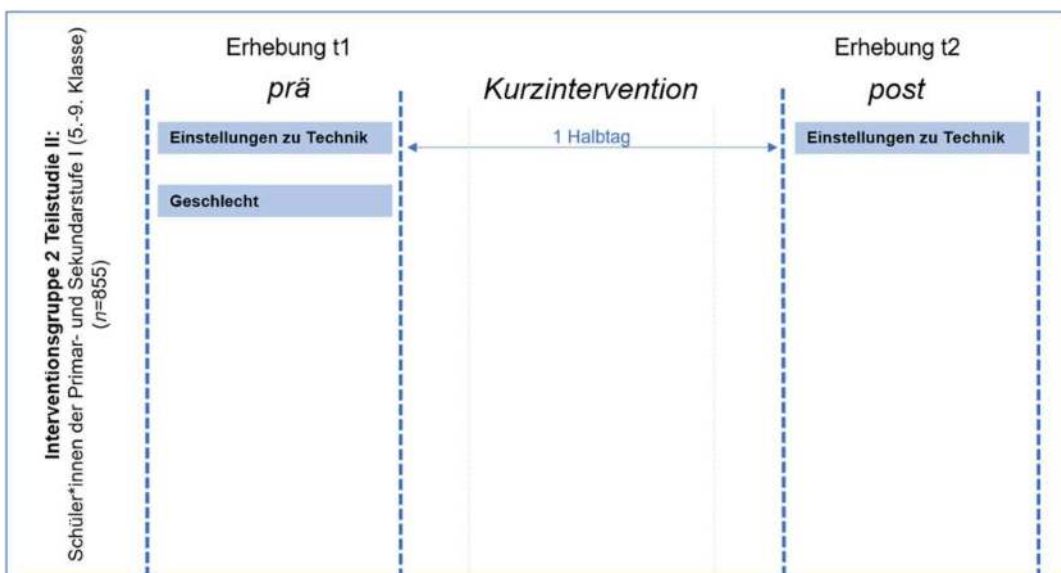


Abbildung 58: Messzeitpunkte und erhobene Konstrukte Interventionsgruppe 2 Teilstudie II

in SPSS und R Studio weiterzuverarbeiten. Eine zusätzliche Sichtung der Daten erfolgte durch die Versuchsleiterin zur Bereinigung und Plausibilitätskontrolle zunächst für die Interventionsgruppen 1 und 2 einzeln und nochmals nach der Datenzusammenführung beider Datensätze in SPSS.

### **8.3 Erhebungsinstrumente Teilstudie II**

Für die quantitative Datenerhebung für zwei Messzeitpunkte wurde ein Schüler\*innenfragebogen mit sechs Subdimensionen zu den Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen eingesetzt, wobei sich der Fragebogen der Präzeitmessung nur durch die zusätzliche Erhebung von soziodemografischen Daten unterscheidet. Das sechsteilige Erhebungsinstrument wird nachfolgend inkl. Messinvarianzprüfung (Missap, 2011; Putnick & Bornstein, 2016; Steenkamp & Baumgartner, 1998) vorgestellt.

#### *Soziodemografische Daten*

Die Schüler\*innen wurden nach der Instruktion und der anonymisierten Codeerstellung bzw. Codeeingabe darum gebeten, das Alter und ihr Geschlecht auf dem Fragebogen anzugeben.

#### **8.3.1 Fragebogen PATT-SQ**

Der in der vorliegenden Arbeit verwendete Fragebogen zu den Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen geht auf die Entwicklung und Validierung des „Pupils Attitude Towards Technology Survey – Short Questionnaire“ von Ardies et al. (2013) zurück. Dieser Test wiederum ist eine Adaption des PATT-USA (Bame et al., 1993) und findet seinen Ursprung im Fragebogenkonstrukt „Pupils Attitudes Towards Technology (PATT)“ bei Prof. Jan Raat and Marc de Vries im Projekt „Project Physics and Technology“ am Departement für Physikdidaktik an der technischen Universität Eindhoven in den Niederlanden im Jahr 1984. Das PATT-Instrument kommt in diversen internationalen Studien – Schwerpunkt Niederlande und USA – seit über 30 Jahren zum Einsatz und es finden regelmäßig internationale PATT-Konferenzen statt (de Vries, 2018). Eine deutschsprachige Version des Erhebungsinstruments existierte zum Zeitpunkt der Datenplanung nicht.

Die Items der sechs Subskalen im PATT-SQ werden nach einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet. Analysen zum Fragebogen haben jedoch



gezeigt, dass insbesondere Schülerinnen häufiger die Mitte ankreuzen bei unsicherem Antwortverhalten und dies zu möglichen Fehlschlüssen führen kann, dass Mädchen weniger positive Einstellungen als Jungen hätten (Svenningsson et al., 2018). Deshalb wurde für die vorliegende Arbeit bei den Items eine Einschätzung mit einer vierstufigen Likert-Skala gewählt (1 = stimmt gar nicht bis 4 = stimmt völlig).

Folgend wird das Verfahren der vorgenommenen Testübersetzung näher beschrieben.

### 8.3.1.1 *Translationsverfahren*

Die Translation der Items aus dem englischsprachigen PATT-SQ erfolgte nach dem Team-Ansatz, bei dem mehrere Personen mit unterschiedlichen Qualifikationen an der Übersetzung beteiligt sind, und wurde mit dem sogenannten TRAPD-Verfahren durchgeführt (Behr et al., 2015; Harkness, 2003):

- *Translation*: Zunächst erfolgten zwei separate Übersetzungen aller Items von zwei unabhängigen Personen: eine Übersetzung eines Dozenten für technisches Englisch der Fachhochschule Nordwestschweiz mit Muttersprache Englisch und guten Deutschkenntnissen und eine Übersetzung durch eine Fachdidaktikerin für Naturwissenschaften und Technik der PH Luzern mit Muttersprache Deutsch und guten Englischkenntnissen.
- *Review*: Die beiden unabhängigen Übersetzungen wurden in einer Sitzung anschließend diskutiert, um mögliche Lösungen pro Item auszuarbeiten und offene Fragen zu formulieren. Hierbei übernahm eine Person die Moderation des Reviews.
- *Adjudication*: Die noch wenigen offenen Fragen zu passenden Übersetzungen von einzelnen Items wurden mit einem Professor für Anglistische und Amerikanistische Kulturwissenschaften der Universität Bamberg und einer Fachdidaktikerin für Physik mit Muttersprache Deutsch und sehr guten Englischkenntnissen der PH Luzern diskutiert und anschließend in die Übersetzung miteinbezogen.

- *Pretest*: Mit vier Jugendlichen (7.–9. Schuljahr), wovon zwei der Proband\*innen männlich und zwei weiblich waren, wurde das übersetzte Instrument mündlich Item für Item besprochen, um abschätzen zu können, inwieweit die Übersetzungen in der beabsichtigten Art und Weise verstanden werden. Das Antwortverhalten der Jugendlichen stützte das beabsichtigte Verständnis in passender Weise.
- *Documentation*: Die unabhängigen Übersetzungen, Diskussionen über Abweichungen und Klärungen von offenen Fragen sowie das Endresultat der Übersetzung wurden in Form von Text und Tabellen festgehalten.

Im folgenden Unterkapitel wird die durchgeführte Skalenanalyse berichtet.

### 8.3.1.2 Skalenanalysen

In der Tabelle 47 sind die Items der Skala Technikeinstellungen von Jugendlichen nach dem PATT-SQ in der originalen englischen und der übersetzten deutschen Version mit allen sechs Subskalen dargestellt.

Die dazugehörige Skalenanalyse zur Reliabilität des Messinstruments ist in der Tabelle 48 ersichtlich. Die Werte der negativ formulierten Items *int2* und *int4* wurden für die Analyse in der vorliegenden Arbeit umgepolt. Die interne Konsistenz der Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen zum Zeitpunkt des Posttests weist mit einem Cronbachs Alpha von .65 bis .90 mehrheitlich akzeptable bis hohe Werte auf. Die Itemtrennschärfe ist mit Werten von  $.26 \leq r_{it} \leq .81$  mehrheitlich in einem mittelmäßigen bis hohen Bereich.

Die Analyse zeigte, dass die verschiedenen Items in jeder Kategorie gut miteinander korrelierten, außer innerhalb der Kategorie wahrgenommene Folgen von Technik nur mäßig. Ausgehend davon, dass die Höhe der internen Konsistenz eines Tests umso höher ist, je höher die Korrelationen zwischen den Items im Durchschnitt sind, zeigten die Ergebnisse von Cronbachs  $\alpha$ , dass die Übersetzung und Adaption für den schweizerischen Kontext zuverlässig waren (Moosbrugger & Kelava, 2012). Die deskriptive Statistik wird im Kapitel 9.1 aufgeführt.

Tabelle 47: Erhebungsinstrument zur Skala Technikeinstellungen von Jugendlichen nach dem PATT-SQ von Ardies et al. (2013)

<b>Subskala</b>	<b>Item</b>	<b>Beschreibung Englisch</b>	<b>Beschreibung Deutsch</b>
Technological career aspirations  Technische Berufswünsche (tbw)	tbw1	I will probably choose a job in technology.	Ich werde vermutlich einen technischen Beruf erlernen.
	tbw2	I would enjoy a job in technology.	Einen technischen Beruf zu erlernen, würde mir Spaß machen.
	tbw3	I would like a career in technology later on.	Ich möchte später einmal eine Berufslaufbahn in der Technik angehen.
	tbw4	Working in technology would be interesting.	In einem technischen Umfeld zu arbeiten, könnte interessant sein.
Interest in technology  Interesse für Technik (int)	int1	Technology lessons are important.	Unterricht über Technik ist wichtig.
	int2	I would rather not have technology lessons at school.	Ich hätte lieber keinen Unterricht über Technik in der Schule.
	int3	If there was a school club about technology I would certainly join it.	Ich würde gerne an einem Wahlfach teilnehmen, das sich mit Technik befasst.
	int4	I am not interested in technology.	Technik interessiert mich nicht.
	int5	There should be more education about technology.	Es sollte mehr technische Lernangebote geben.
	int6	I enjoy repairing things at home.	Ich repariere gerne Dinge zuhause.
Boredom with technology  Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (lwt)	lwt1	I do not understand why anyone would want a job in technology.	Ich kann mir nicht vorstellen, warum jemand einen technischen Beruf erlernen möchte.
	lwt2	Most jobs in technology are boring.	Die meisten technischen Berufe sind langweilig.
	lwt3	I think machines are boring.	Maschinen finde ich langweilig.
	lwt4	A technological hobby is boring.	Mich mit Technik in der Freizeit zu beschäftigen, langweilt mich.

<b>Subskala</b>	<b>Item</b>	<b>Beschreibung Englisch</b>	<b>Beschreibung Deutsch</b>
Perceived consequences of technology  Wahrgenommene Folgen von Technik (wft)	wft1	Technology makes everything work better.	Dank der Technik ist alles einfacher.
	wft2	Technology is very important in life.	Technik ist sehr wichtig im Leben.
	wft3	Technology lessons are important.	Unterricht über Technik ist wichtig.
	wft4	Everyone needs technology.	Alle Menschen brauchen Technik.
Perceived difficulty of technology  Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik (wst)	wst1	You have to be smart to study technology.	Um Technik zu verstehen, muss man intelligent sein.
	wst2	Technology is only for smart people.	Technik ist nur etwas für intelligente Menschen.
	wst3	To study technology, you have to be talented.	Man muss ein begabter Mensch sein, um Technik zu verstehen.
	wst4	You can study technology only when you are good at both mathematics and science.	Technik verstehen kann man nur, wenn man gut in Mathematik und Naturwissenschaften ist.
Beliefs about gender differences  Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden (ugu)	ugu1	Boys are able to do practical things better than girls.	Jungen können besser praktische Arbeiten ausführen als Mädchen.
	ugu2	Boys know more about technology than girls do this.	Jungen wissen mehr über Technik als Mädchen.
	ugu3	Boys are more capable of doing technological jobs than girls.	Jungen sind fähiger, technische Berufe auszuführen, als Mädchen.

*Anmerkung.* Das Übersetzungsverfahren des Testes erfolgte im Team-Ansatz nach dem TRAPD-Verfahren (Harkness, 2003).

Tabelle 48: Reliabilitätsmaß und Itemtrennschärfe der Subskalen PATT-SQ nach Ardies et al. (2014) und Schmid (2023) (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 301$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ ))

Subskala	Test Ardies et al. (2014)		Test Schmid (2023)	
	Interne Konsistenz [α]	Itemtrennschärfe [ $r_{it}$ ]	Interne Konsistenz [α]	Itemtrennschärfe [ $r_{it}$ ]
Technological career aspirations Technische Berufswünsche (tbw)	.92	k. A.	.90	$.73 \leq r_{it} \leq .81$
Interest in technology Interesse für Technik (int)	.84	k. A.	.76	$.38 \leq r_{it} \leq .60$
Boredom with technology Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (lwt)	.81	k. A.	.73	$.36 \leq r_{it} \leq .60$
Perceived consequences of technology Wahrgenommene Folgen von Technik (wft)	.72	k. A.	.65	$.26 \leq r_{it} \leq .66$
Perceived difficulty of technology Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik (wst)	.64	k. A.	.81	$.53 \leq r_{it} \leq .72$
Beliefs about gender differences Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden (ugu)	.82	k. A.	.90	$.77 \leq r_{it} \leq .81$

Nachfolgend wird für jede der sechs Subskalen das Messmodell der konfirmatorischen Faktoranalyse mit den Messdaten beider Interventionsgruppen 1 und 2 im Prätest mit den Fit-Werten vorgestellt.

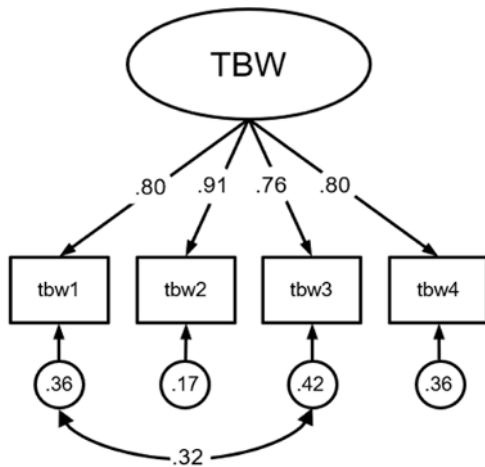


Abbildung 59: Messmodell zur Subskala Technische Berufswünsche (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 285$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N=855$ )). Modellfit:  $\chi^2(1) = 8.31, p = .004, CFI = 1.00, TLI = .98, RMSEA = .08, SRMR = .01$ .

### *Technische Berufswünsche*

In der Abbildung 59 wird das einfaktorielle Messmodell der Subskala Technische Berufswünsche (TBW) mit den entsprechenden Faktorladungen für die beiden Interventionsgruppen 1 und 2 im Prätest dargestellt. Aufgrund der ähnlichen Formulierung der Items tbw1 und tbw3 wurde eine Kovarianz zwischen den Residuen dieser Variablen spezifiziert. Das Modell weist trotz der signifikanten Test-Statistik eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al.,

2003). Der  $\chi^2$ -Test reagiert empfindlich auf die Stichprobengröße, sodass bei großen Stichproben ein angemessenes Modell fälschlicherweise ablehnt bzw. signifikant wird (Kyriazos, 2018). Entsprechend wurde auch in den weiteren Modellschätzungen ein signifikanter  $\chi^2$ -Test bei der vorliegenden Stichprobe ( $N > 800$ ) nicht als Modellaussage angenommen.

### *Interesse für Technik*

Das einfaktorielle Messmodell der Subskala Interesse für Technik (INT) mit den entsprechenden Faktorladungen für die beiden Interventionsgruppen 1 und 2 im Prätest (siehe Abbildung 60) weist eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003).

### *Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik*

Das in der Abbildung 61 dargestellte, einfaktorielle Messmodell der Subskala wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (LWT) mit den entsprechenden Faktorladungen für die beiden Interventionsgruppen 1 und 2 im Prätest weist eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003).

Abbildung 60: Messmodell zur Subskala Interesse für Technik (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 278$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N=853$ )). Model fit:  $\chi^2(9) = 72.03$ ,  $p = < .001$ , CFI = 0.96, TLI = 0.93, RMSEA = .08, SRMR = .04.

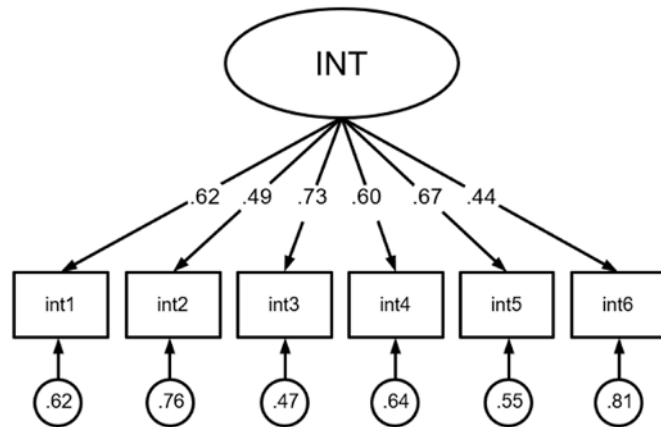
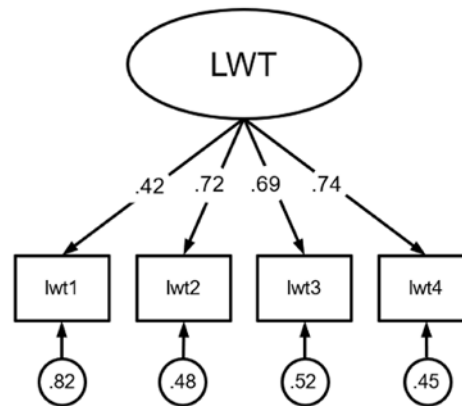


Abbildung 61: Messmodell zur Subskala wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 286$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ )). Model fit:  $\chi^2(2) = 12.26$ ,  $p = .002$ , CFI = .99, TLI = .97, RMSEA = .07, SRMR = .02.



### *Wahrgenommene Folgen von Technik*

Das einfaktorielle Messmodell der Subskala wahrgenommene Folgen von Technik (WFT) mit den entsprechenden Faktorladungen für die beiden Interventionsgruppen 1 und 2 im Prätest weist passende Modellfit-Werte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003).

### *Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik*

Auch die Subskala zur wahrgenommenen Schwierigkeit von Technik (WST) wurde als einfaktorielles Messmodell für die beiden Interventionsgruppen 1 und 2 im Prätest gemessen und weist eine gute Anpassungsgüte auf (Schermelleh-Engel et al., 2003).

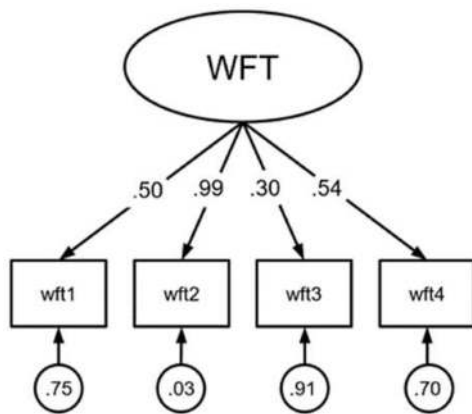


Abbildung 62: Messmodell zur Subskala wahrgenommene Folgen von Technik (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 288$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ )). Model fit:  $\chi^2(2) = 8.36$ ,  $p = .015$ , CFI = .99, TLI = .98, RMSEA = .05, SRMR = .02.

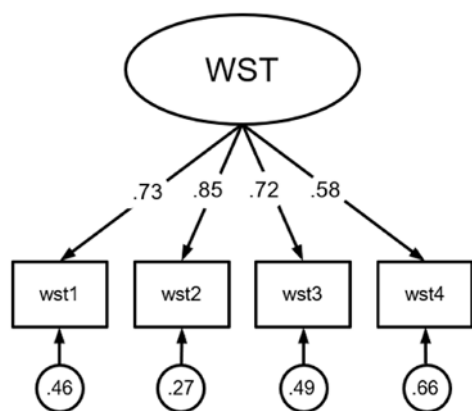


Abbildung 63: Messmodell zur Subskala wahrgenommene Schwierigkeit von Technik (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 291$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ )). Model fit:  $\chi^2(2) = 17.37$ ,  $p = < .001$ , CFI = .99, TLI = .97, RMSEA = .08, SRMR = .02.

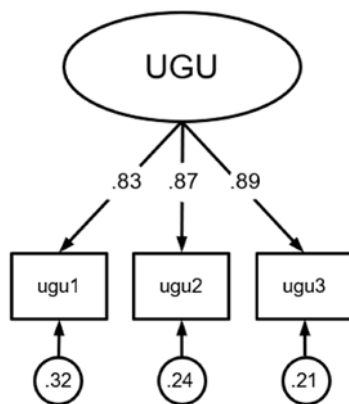


Abbildung 64: Messmodell zur Subskala Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 297$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ )). Model fit:  $\chi^2(0) = 0.00$ ,  $p = -$ , CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA =  $< .001$ , SRMR =  $< .001$ .

### Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden

In der Abbildung 64 wurde das einfaktorielle Messmodell der Subskala Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden (UGU) für die beiden Interventionsgruppen 1 und 2 im Prätest gemessen. Das einfaktorielle Messmodell mit drei Indikatoren ist genau identifiziert bzw. es gilt, dass die Anzahl der Freiheitsgrade ( $df$ ) gleich null ist (Urban & Mayerl, 2014).



### 8.3.2 Messinvarianztestung

Folgend werden die Modellierungen der Messinvarianz (vgl. Kapitel 5.3.2) für jede Interventionsgruppe über die Zeit – Prä-Post-Vergleich – entlang der sechs Subdimensionen der Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen einzeln dargestellt. Auf einen Gruppenvergleich zwischen der Interventionsgruppe 1 und 2 wird verzichtet, da dieser für die Berechnung der Fragestellungen nicht relevant ist.

#### *Interventionsgruppe 1: Kurzintervention Hochschule Luzern T&A*

Zunächst werden die Modellierungen der Messinvarianztestung über die Zeit – Prä- und Posttest – innerhalb der Interventionsgruppe 1 ausgeführt.

Wie in der Tabelle 49 ersichtlich, ist die skalare Invarianz über die Zeit für die Subskala *Technische Berufswünsche* gegeben.

Tabelle 49: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Technische Berufswünsche zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 250$ )

Modell	$\chi^2$	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ ( $\Delta df$ )	p
Konfigurale Invarianz	37.50	13	< .001	.99	.98	.09	.02	-	-
Metrische Invarianz	39.84	16	.001	.99	.98	.08	.02	2.81 (3)	.421
Skalare Invarianz	46.86	19	< .001	.99	.98	.08	.03	6.86 (3)	.077

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Die Subskala *Interesse für Technik* weist ebenfalls eine skalare Invarianz über die Zeit auf (siehe Tabelle 50).

Für die Subskala *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* besteht zwischen den Zeitpunkten keine skalare Messinvarianz. Es wird

eine partielle skalare Messinvarianz modelliert, indem die Intercepts des Items *lwt1* im Prä- und Posttest nicht gleichgesetzt werden. Die entsprechenden Indikatoren der Modelle sind in der Tabelle 51 ersichtlich.

Tabelle 50: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Interesse für Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 231$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>df</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><i>p</i></b>
Konfigurale Invarianz	132.08	47	< .001	.93	.90	.09	.06	-	-
Metrische Invarianz	137.95	52	< .001	.93	.91	.08	.06	5.76 (5)	.330
Skalare Invarianz	147.56	57	< .001	.92	.91	.08	.06	9.48 (5)	.091

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 51: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Langweiligkeit von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 246$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>df</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><i>p</i></b>
Konfigurale Invarianz	36.91	15	.001	.97	.94	.08	.04	-	-
Metrische Invarianz	39.85	18	.002	.97	.95	.07	.04	3.10 (3)	.377
Skalare Invarianz	57.82	21	< .001	.95	.93	.08	.06	18.62 (3)	<.001
Partielle skalare Invarianz	41.68	20	.003	.97	.96	.07	.05	1.89 (2)	.389

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Die skalare Invarianz über die Zeit ist für die Subskala *wahrgenommene Folgen von Technik* gegeben (siehe Tabelle 52).

Für die Subskala *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* besteht zwischen den beiden Messzeitpunkten keine skalare Messinvarianz. Es wird eine partielle skalare Messinvarianz modelliert, indem die Intercepts des Items *wst1* im Prä- und Posttest nicht gleichgesetzt werden. Die entsprechenden Indikatoren der Modelle sind in der Tabelle 53 aufgeführt.

Tabelle 52: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Folgen von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 248$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>df</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><i>p</i></b>
Konfigurale Invarianz	16.06	15	.378	1.00	1.00	.02	.04	-	-
Metrische Invarianz	22.11	18	.227	.99	.99	.03	.05	5.44 (3)	.142
Skalare Invarianz	28.58	21	.125	.98	.98	.04	.05	6.39 (3)	.094

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 53: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Schwierigkeit von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 250$ )

<b>Modell</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>df</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b>CFI</b>	<b>TLI</b>	<b>RMSEA</b>	<b>SRMR</b>	<b><math>\Delta\chi^2</math> (<math>\Delta df</math>)</b>	<b><i>p</i></b>
Konfigurale Invarianz	26.71	15	.031	.99	.97	.06	.03	-	-
Metrische Invarianz	31.55	18	.025	.98	.98	.05	.04	4.37 (3)	.224
Skalare Invarianz	42.80	21	.003	.97	.97	.06	.04	11.52 (3)	.009
Partielle skalare Invarianz	34.96	20	.020	.98	.98	.05	.04	3.22 (2)	.200

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 54: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala *Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden* zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 263$ )

Modell	$\chi^2$	$df$	$p$	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ ( $\Delta df$ )	$p$
Konfigurale Invarianz	30.67	7	< .001	.98	.96	.11	.23	-	-
Metrische Invarianz	32.48	8	< .001	.98	.96	.11	.25	1.55 (1)	.213
Skalare Invarianz	36.67	10	< .001	.98	.97	.10	.25	4.05 (2)	.132

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Wie in der Tabelle 54 ersichtlich, ist die skalare Invarianz über die Zeit für die Subskala *Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden* gegeben.

#### *Interventionsgruppe 2: Kurzintervention Lernwerkstatt PH Luzern*

Nachfolgend werden die Modellierungen der Messinvarianztestung über die Zeit – Prä- und Posttest – innerhalb der Interventionsgruppe 2 dargelegt.

Für die Subskala *Technische Berufswünsche* besteht über die Zeit keine skalare Invarianz. Durch Freischätzung der Intercepts des Items *tbw1* im Prä- und Posttest wird eine partielle skalare Messinvarianz modelliert (siehe Tabelle 55).

Wie in der Tabelle 56 für die Subskala *Interesse für Technik* ersichtlich, besteht zwischen den beiden Messzeitpunkten keine skalare Invarianz. Es wurde eine partielle skalare Messinvarianz erreicht, indem die Intercepts des Items *int1* im Prä- und Posttest nicht gleichgesetzt wurden.

Für die Subskala *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* besteht über die Zeit ebenfalls keine skalare Messinvarianz. Durch freie Schätzung der Intercepts des Items *tbw1* im Prä- und Posttest wurde eine partielle skalare Invarianz modelliert (siehe Tabelle 55).

Tabelle 55: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Technische Berufswünsche zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ )

Modell	$\chi^2$	$df$	$p$	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ ( $\Delta df$ )	$p$
Konfigurale Invarianz	162.69	13	< .001	.96	.92	.12	.04	-	-
Metrische Invarianz	167.26	16	< .001	.96	.94	.12	.04	4.94 (3)	.176
Skalare Invarianz	178.14	19	< .001	.96	.94	.10	.05	11.22 (3)	.010
Partielle skalare Invarianz	168.59	18	< .001	.96	.94	.10	.04	1.41 (2)	.493

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 56: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Interesse für Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 790$ )

Modell	$\chi^2$	$df$	$p$	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ ( $\Delta df$ )	$p$
Konfigurale Invarianz	96.52	45	< .001	.98	.97	.04	.03	-	-
Metrische Invarianz	102.33	50	< .001	.98	.97	.04	.03	5.16 (5)	.397
Skalare Invarianz	113.45	55	< .001	.98	.97	.04	.04	11.24 (5)	.047
Partielle skalare Invarianz	107.29	54	< .001	.98	.98	.03	.03	5.01 (4)	.286

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 57: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Langweiligkeit von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ )

Modell	$\chi^2$	$df$	$p$	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ ( $\Delta df$ )	$p$
Konfigurale Invarianz	24.13	13	.030	.99	.98	.03	.02	-	-
Metrische Invarianz	25.84	16	.056	.99	.99	.03	.02	1.54 (3)	.674
Skalare Invarianz	36.24	19	.010	.99	.98	.03	.02	10.63 (3)	.014
Partielle skalare Invarianz	27.82	18	.065	.99	.99	.03	.02	2.01 (2)	.365

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Wie in der Tabelle 58 ersichtlich, kann für die Subskala *wahrgenommene Folgen von Technik* für die Skala physikbezogenes individuelles Interesse keine metrische Messinvarianz erreicht werden. Durch freie Schätzung der Ladungen des Items *wft2* des Prä- und Posttests wurde eine partielle metrische Messinvarianz modelliert. Die darauf aufbauende skalare Invarianz konnte nicht erreicht werden. Eine partielle skalare Invarianz konnte erreicht werden, indem die Intercepts des Items *wft3* über die Zeit nicht gleichgesetzt wurden.

Die Subskala *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* weist über die beiden Messzeitpunkte hinweg eine partielle metrische, aber keine skalare Messinvarianz auf. Entsprechend wurde eine partielle skalare Messinvarianz modelliert, indem die Intercepts der Items *wst2* und *wst4* frei geschätzt wurden. Die entsprechenden Indikatoren der Modelle sind in Tabelle 59 ersichtlich. Die Fit-Werte des Modells zur partiellen Messinvarianz sind bis auf den signifikanten  $p$ -Wert als gut einzustufen. Aufgrund des unterschiedlichen Antwortverhaltens zwischen Prä- und Posttest innerhalb der Interventionsgruppe 2 zeigt sich, dass die Intervention das Antwortverhalten für die Items des Subskala beeinflusst. Die

Tabelle 58: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Folgen von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ )

Modell	$\chi^2$	$df$	$p$	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ ( $\Delta df$ )	$p$
Konfigurale Invarianz	27.28	15	.027	1.00	.99	.03	.03	-	-
Metrische Invarianz	36.32	18	.006	.99	.99	.04	.03	9.95 (3)	.030
Partielle metrische Invarianz	28.69	17	.038	1.00	.99	.03	.03	1.29 (2)	.525
Skalare Invarianz*	39.10	20	<.001	.99	.99	.04	.03	10.26 (3)	.017
Partielle skalare Invarianz*	29.86	19	.054	1.00	.99	.03	.03	1.17 (2)	.557

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

\*Modell basiert auf partieller metrischer Invarianz

Tabelle 59: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Schwierigkeit von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ )

Modell	$\chi^2$	$df$	$p$	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ ( $\Delta df$ )	$p$
Konfigurale Invarianz	22.25	13	.052	1.00	.99	.03	.02	-	-
Metrische Invarianz	28.01	16	.032	1.00	.99	.03	.02	5.32 (3)	.015
Skalare Invarianz	104.79	19	<.001	.97	.96	.08	.03	76.20 (3)	<.001
Partielle skalare Invarianz	33.88	17	.009	.99	.99	.03	.02	5.75 (1)	.016

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Tabelle 60: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ )

Modell	$\chi^2$	<i>df</i>	<i>p</i>	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\Delta\chi^2$ ( $\Delta df$ )	<i>p</i>
Konfigurale Invarianz	72.03	7	< .001	.98	.97	.11	.33	-	-
Metrische Invarianz	62.12	8	< .001	.99	.97	.09	.27	-11.09 (1)	1.00
Skalare Invarianz	63.97	10	< .001	.99	.98	.08	.27	1.25 (2)	.535

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Differenz des Chi-Quadrat-Wertes wird keine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR), sondern eine gewöhnliche Schätzung mittels Maximum Likelihood verwendet.

Proband\*innen scheinen durch die Intervention einen verständlicheren Zugang zu diesen Items über wahrgenommene Schwierigkeiten von Technik zu erhalten. Gemäß der breit gestreuten Altersklasse von 9 bis 16 Jahren innerhalb der Interventionsgruppe 2 kann das unterschiedliche bzw. fehlende Vorwissen einen entsprechenden Einfluss darstellen. Für die in dieser Arbeit notwendigen Berechnungen der Mittelwertvergleiche wird die partielle skalare Messinvarianz gemäß der Signifikanztestung nicht erreicht. Dies wird bei der weiteren Analyse berücksichtigt.

Wie in der Tabelle 60 ersichtlich, ist die skalare Invarianz im Vergleich der Prä- und Postmesszeitpunkte für die Subskala *Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden* gegeben.

Nachfolgend werden die einzelnen Skalen aus dem PATT-SQ-Fragebogen als Gesamtmodell für Technikeinstellungen geprüft.

### 8.3.3 Prüfung Strukturgleichungsmodell Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ

In Anlehnung an die Studie von Ardies et al. (2013) wird ein Modell zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zum Zeitpunkt des Prätests mit allen Subdimensionen sechsfaktoriell be-



Tabelle 61: Modellfit des Modells zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zum Zeitpunkt des Prätests (Interventionsgruppe 1 + 2:  $N = 1\,099$ )

Modell	$\chi^2$	df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
einfaktoriell	5802.72	252	< .001	.50	.45	.14	.14
sechsfaktoriell	728.18	235	< .001	.96	.95	.04	.05
Überfaktor	3805.47	250	< .001	.68	.65	.11	.31

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Modellfits wird eine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR) verwendet.

rechnet (Modell 1a, siehe Abbildung 65). Zwei weitere Vergleichsmodelle, ein Basismodell einfaktoriell und ein Modell mit einem Überfaktor für die sechs Subdimensionen, werden ebenfalls geprüft (siehe Tabelle 61).

Das Modell 1a kann gemäß den passenden Modellfit-Werten in Tabelle 61 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999). Das einfaktorielle Modell und das Überfaktor-Modell werden aufgrund der unzureichenden Werte für den Modellfit verworfen. Standardisierte Pfadkoeffizienten können ab einem Wert  $\geq 0.2$  bzw.  $-0.2$  als bedeutsam bzw. als bedeutsamer Zusammenhang betrachtet werden (Chin, 1998). Nachfolgend werden entlang des Modells 1a in der Abbildung 65 bedeutsame, signifikante Zusammenhänge erläutert. Der Pfadkoeffizient der Kovarianz der technischen Berufswünsche (TBW) und des Interesses für Technik (INT) weist einen sehr hohen Wert und somit einen hohen Zusammenhang auf ( $\varphi = .85$ ,  $p < .001$ ). Die Kovarianz der technischen Berufswünsche (TBW) und der wahrgenommenen Langweiligkeit von Technik (LWT) impliziert einen hohen, negativen Zusammenhang ( $\varphi = -.63$ ,  $p < .001$ ). Der Pfadkoeffizient der Kovarianz der technischen Berufswünsche (TBW) und der wahrgenommenen Folgen von Technik (WFT) weist ebenfalls einen bedeutsamen Zusammenhang auf ( $\varphi = .21$ ,  $p < .001$ ). Ein weiterer sehr hoher, negativer Zusammenhang zeigt sich in der Kovarianz des Interesses für Technik (INT) und der wahrgenommenen Langweiligkeit von Technik (LWT) ( $\varphi = -.75$ ,  $p < .001$ ). Die Kovarianz des Interesses für Technik (INT) und der wahrgenommenen

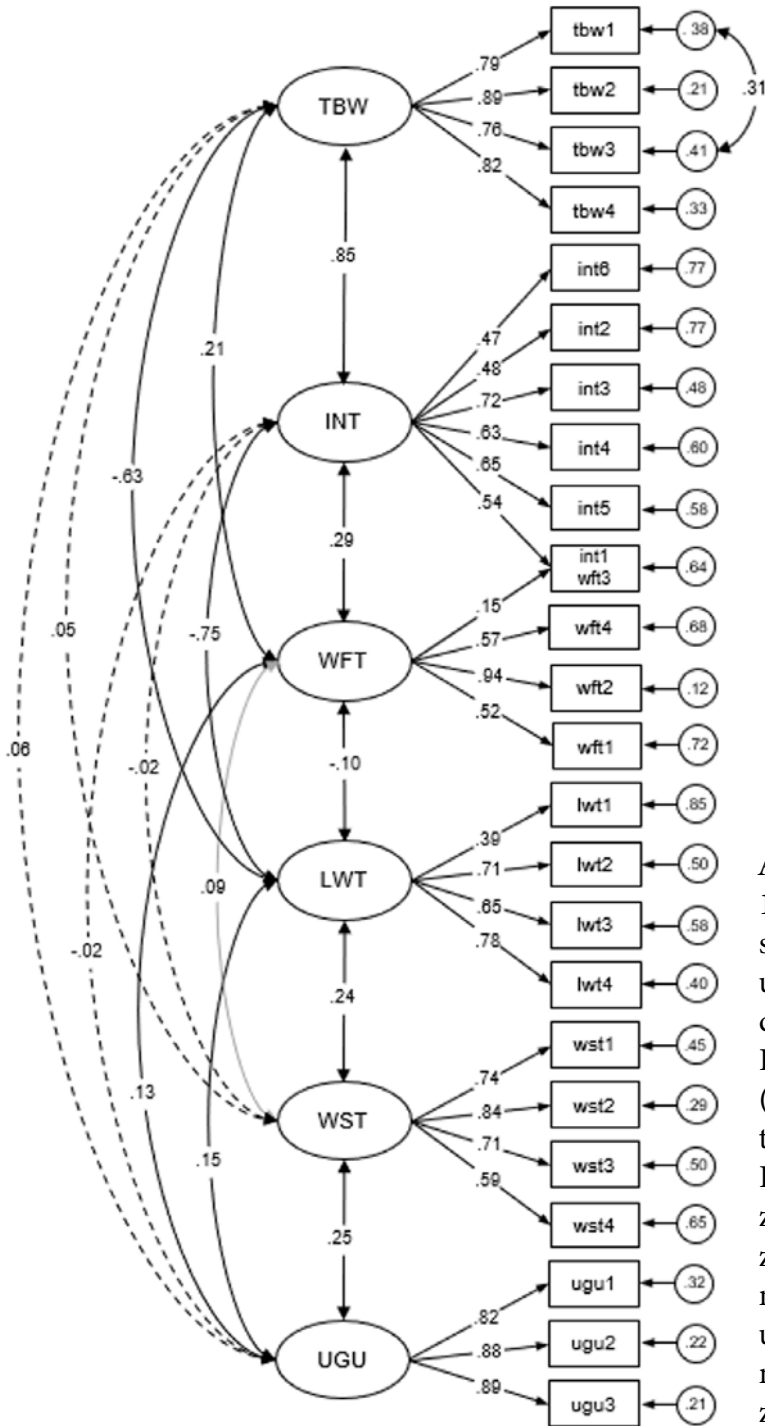


Abbildung 65: Modell 1a zur Skala Technischeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ (Prätest, Interventionsgruppe 1 (N = 246) + Interventionsgruppe 2 (N = 853)). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen.

Folgen von Technik zeigt einen bedeutsamen Zusammenhang ( $\varphi = .29$ ,  $p < .001$ ). Weiter erweist sich der Wert des Pfadkoeffizienten der Kovarianz für wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (LWT) und wahrgenommene Schwierigkeit von Technik (WST) als bedeutsam ( $\varphi =$

Tabelle 62: Modellfit des vollständigen Modells Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zum Zeitpunkt des Prätests (Interventionsgruppe 1 + 2:  $N = 1\,099$ )

Modell	$\chi^2$	<i>df</i>	<i>p</i>	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	AIC	BIC	$\Delta$ AIC	$\Delta$ BIC
Modell 1a sechsfaktoriell	728.18	235	< .001	.96	.95	.04	.05	56134.45	56459.59	-	-
Modell 1b sechsfaktoriell + geschlecht	830.65	253	< .001	.95	.94	.05	.05	55764.93	56120.08	-369.52	
Modell 1c sechsfaktoriell + geschlecht + alter	920.76	271	< .001	.94	.93	.05	.05	55638.33	56023.50	-496.12	-436.09

*Anmerkung.* Zur Berechnung der Modellfits wird eine robuste Schätzung mittels „Robust Maximum Likelihood“ (MLR) verwendet.

.24,  $p < .001$ ). Die Kovarianz der Subskala wahrgenommene Schwierigkeit von Technik (WST) und Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden (UGU) erweist sich ebenfalls als bedeutsam ( $\varphi = .25$ ,  $p < .001$ ). Weitere signifikante Zusammenhänge, z. B. bei UGU und LWT, werden aufgrund der tiefen Pfadkoeffizienzwerte nicht näher erläutert.

Aufgrund der Kovarianzen sind in diesem Modell 1a keine Varianzaufklärungen möglich. Um mögliche Einflüsse auf die Subdimensionen der Technikeinstellungen latent zu modellieren, werden zusätzlich die Prädiktoren Geschlecht (Modell 1b) und Alter (Modell 1c) einzeln für die Varianzaufklärung in das Modell aufgenommen und berechnet. Beide Modelle können aufgrund der passenden Modellfit-Werte in der Tabelle 62 angenommen werden (Hu & Bentler, 1999). Der Modellvergleich zeigt, dass der AIC- und BIC-Wert bei 1c am tiefsten und der  $p$ -Wert überall gleich tief ist ( $p < .001$ ) ist, sodass das Modell 1c als bestes Modell angenommen werden kann (Schermelleh-Engel et al., 2003).

Nachfolgend werden entlang des Modells 1c in der Abbildung 66 bedeutsame, signifikante Einflüsse der Prädiktoren Geschlecht und Alter auf einzelne Subdimensionen der Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen erläutert. Kovarianzen zwischen den latenten Variablen werden aus Darstellungsgründen in der Abbildung nicht aufgeführt.

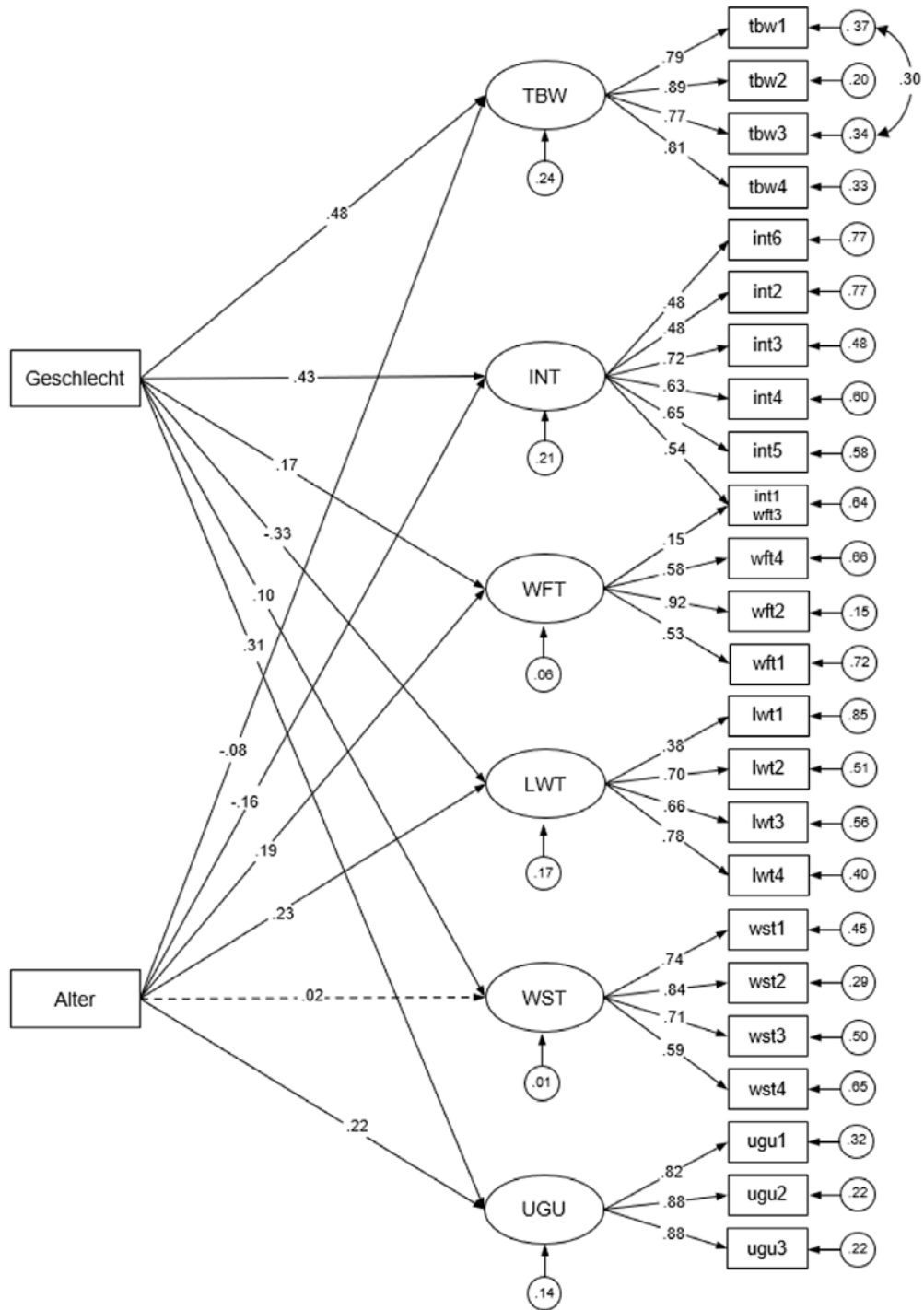


Abbildung 66: Strukturgleichungsmodell 1c zur Skala Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 246$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 853$ )). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante. Kovarianzen zwischen den latenten Variablen werden aus Darstellungsgründen nicht aufgeführt. Geschlecht Kodierung: Mädchen = 0, Jungen = 1; Altersspannbreite: 9 bis 16 Jahre.

Das Geschlecht (Codierung 0 = weiblich, 1 = männlich) weist einen bedeutsamen Einfluss auf die technischen Berufswünsche (TBW) ( $\beta = .48$ ,  $p < .001$ ), das Interesse für Technik (INT) ( $\beta = .43$ ,  $p < .001$ ), die Überzeugungen von Geschlechterunterschieden (UGU) ( $\beta = .31$ ,  $p < .001$ ) sowie einen negativen Einfluss auf die wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (LWT) ( $\beta = -.33$ ,  $p < .001$ ) auf.

Die standardisierten Pfadkoeffizienten des direkten Effekts des Alters auf die Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen erweisen sich bei zwei Subskalen als bedeutsam: bei wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (LWT) ( $\beta = .23$ ,  $p < .001$ ) und bei Überzeugungen von Geschlechterunterschieden (UGU) ( $\beta = .22$ ,  $p < .001$ ). Weitere signifikante Effekte, wie z. B. INT, werden aufgrund der Pfadkoeffizienzwerte unter 0.2 bzw. -0.2 nicht weiter erläutert, da sie als nicht bedeutsam eingestuft werden.

## 8.4 Auswertungsmethoden zur Teilstudie II

Die Analyse der quantitativen Fragebogen-Daten erfolgte neben den statistischen Standardverfahren (Mittelwerte, Standardabweichungen, Korrelationen) mithilfe von konfirmatorischen Faktoranalysen und  $t$ -Tests für unverbundene und verbundene Stichproben. Das dem Fragebogen PATT-SQ zugrunde liegende Konstrukt wurde mithilfe einer Messinvarianzprüfung und mit den vorliegenden Daten anhand von Strukturgleichungsmodellen geprüft (vgl. Kapitel 8.3.3). Die Beschreibung der aufgeführten Methoden und die dafür verwendete Software können dem Methodenteil der Teilstudie I entnommen werden (vgl. Kapitel 5). Nachfolgend wird auf die spezifische Datenstruktur der Teilstudie II eingegangen.

### *Datenstruktur*

Innerhalb der Teilstudie II wurden Schüler\*innen untersucht, die in Klassen / Gruppen geschachtelt bzw. geclustert sind. Die Voraussetzung der sogenannten Unabhängigkeit der Daten wird mit der Intraklassen-

korrelation  $\rho_{IC}$  überprüft (Geiser, 2009; Hox, 2010). Um zu testen, wie sich das Verhältnis der Varianz zwischen den Clustern zur Gesamtvarianz verhält, wird die Varianz der abhängigen Variablen jeweils in die Varianz auf Level 1 (Individuen) und Level 2 (Klasse / Gruppe) aufgeteilt. Dabei wird auch der Umstand berücksichtigt, dass die Daten im Jahr 2020 während der Corona-Pandemie erhoben wurden. Zur Erueirung der Relevanz einer möglichen geschachtelten Struktur werden die im Kapitel 5.4.1 rapportierten Richtwerte genutzt.

Tabelle 63: ICC-Werte der Interventionsgruppe 1 und 2 sowie gesamt für Prä- und Postdaten (Interventionsgruppe 1:  $N = 301$ ; Interventionsgruppe 2:  $N = 855$ )

Variable	$\rho_{IC}$					
	Interventions- gruppe 1 HSLU T&A		Interventions- gruppe 2 Lernwerkstatt Roberta		Gesamt	
	Prä- test	Post- test	Prä- test	Post- test	Prä- test	Post- test
Technische Berufswünsche	.01	< .01	.02	.03	.01	.04
Interesse für Technik	.07	.02	.07	.07	.07	.10
Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik	.03	.02	.08	.08	.09	.17
Wahrgenommene Folgen von Technik	.08	.01	.03	.05	.05	.05
Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik	.06	.05	.01	.02	.03	.06
Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden	.06	.09	.07	.06	.08	.08

Die Intraklassenkorrelationen hinsichtlich der abhängigen Variablen reichen in der vorliegenden Stichprobe innerhalb jeder Interventionsgruppe von  $\rho_{IC} = .00$ –.10. Die Werte weisen für die Stichprobencluster innerhalb der Interventionsgruppen insgesamt auf eine sehr schwache bis schwache Abhängigkeit hin. Die Gesamtstichprobe weist im Prätest Werte im Bereich von  $\rho_{IC} = .01$ –.09 und im Posttest Werte im Bereich

von  $\rho_{IC} = .04-.17$  auf. Die Posttestwerte übersteigen teilweise die moderate Grenze von .10 und werden für die Berechnungen der Fragestellungen im Prä-Post-Vergleich nicht gesamt, sondern nur in den Interventionsgruppen separiert analysiert (siehe Tabelle 63).

Gemäß der vorliegenden Prüfung der Intraklassenkorrelation wurde von der statistischen Unabhängigkeit der Daten ausgegangen und auf eine mehrebenenanalytische Betrachtung verzichtet.

Nachfolgend werden im Kapitel 9 die Ergebnisse der Analysen zur Teilstudie II dargestellt.





## 9 Ergebnisse zur Teilstudie II

Das folgende Kapitel stellt die Ergebnisse der statistischen Analysen für die Teilstudie II dar. In einem ersten Schritt werden im Kapitel 9.1 deskriptive Voranalysen und Korrelationen präsentiert. Anschließend folgen die inferenzstatistischen Analysen entlang der Fragestellungen sowie Hypothesen in den Kapiteln 9.2 und 9.3.

### 9.1 Deskriptive Statistik und Korrelationen

Die Tabelle 64 stellt die Mittelwerte und Standardabweichungen der sechs Skalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen zu beiden Messzeitpunkten für alle Proband\*innen aus beiden Interventionsgruppen vereint dar.

Tabelle 64: Deskriptive Kennwerte der sechs Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen gesamt (Interventionsgruppe 1 + Interventionsgruppe 2)

Stichprobe	Prätest			Posttest		
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Technische Berufswünsche	1 156	2.40	0.78	1 065	2.60	0.73
Interesse für Technik	1 156	2.80	0.60	1 065	2.91	0.57
Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik	1 156	1.75	0.63	1 065	1.70	0.62
Wahrgenommene Folgen von Technik	1 156	2.99	0.56	1 065	2.99	0.60
Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik	1 156	2.00	0.63	1 065	2.00	0.67
Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden	1 156	1.84	0.86	1 065	1.77	0.89

Die Tabelle 65 und die Tabelle 66 zeigen die Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen aller erfassten Skalen im Fragebogen zu den zwei unterschiedlichen Zeitpunkten in der Interventionsgruppe 1 und 2. In der Tabelle 67 werden zudem die Mittelwerte und Standardabweichungen der beiden Interventionsgruppen für Mädchen und Jungen zu beiden Messzeitpunkten separiert aufgeführt.

Tabelle 65: Deskriptive Statistik und Korrelationen der Skalen für die Variablen der Interventionsgruppe 1 HSLU T&amp;A

Variable	N	M	SD	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Technische Berufswünsche Prä (1)	301	2.34	0.90	.78**	.78**	.64**	-.54**	-.32**	.38**	.22**	<.01	.19**	.07	.15*
Technische Berufswünsche Post (2)	273	2.41	0.86	-	.67**	.73**	-.47**	-.38**	.30**	.35**	<-.01	.17**	.03	.07
Interesse für Technik Prä (3)	301	2.70	0.67		-	.71**	-.62**	-.39**	.53**	.22**	-.09	.09	.02	.10
Interesse für Technik Post (4)	273	2.68	0.61			-	-.54**	-.53**	.34**	.38**	-.01	.02	-.02	-.04
Langweiligkeit gegenüber Technik Prä (5)	301	1.98	0.71				-	.52**	-.27**	-.09	.23**	.07	.07	.06
Langweiligkeit gegenüber Technik Post (6)	273	2.08	0.69					-	-.12*	-.09	.18**	.20**	.13*	.19**
Wahrgenommene Folgen von Technik Prä (7)	301	3.08	0.53						-	.42**	-.06	.07	.10	.06
Wahrgenommene Folgen von Technik Post (8)	273	3.09	0.54							-	.15*	.18**	.03	.03
Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik Prä (9)	301	2.14	0.63								-	.60**	.15*	.18**
Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik Post (10)	273	2.21	0.70									-	.16*	.35**
Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden Prä (11)	301	2.04	0.85										-	.60**
Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden Post (12)	273	1.97	0.94											-

Anmerkung. \* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (2-seitig) signifikant. \*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (2-seitig) signifikant; N = 301–273

Tabelle 66: Deskriptive Statistik und Korrelationen der Skalen für die Variablen der Interventionsgruppe 2 Lernwerkstatt Roberta

Variable	N	M	SD	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Technische Berufswünsche Prä (1)	855	2.42	0.73	.76**	.65**	.54**	-.45**	-.35**	.31**	.23**	.06	.10	.08*	.16**
Technische Berufswünsche Post (2)	792	2.65	0.68	-	.57**	.69**	-.40**	-.44**	.32**	.35**	.10**	.10**	.03	.11**
Interesse für Technik Prä (3)	855	2.84	0.56	-	.69**	-.54**	-.42**	.44**	.30**	<-.01	.03	.01	.01	.08*
Interesse für Technik Post (4)	792	2.99	0.53	-		-.44**	-.55**	.40**	.47**	.03	-.01	.01	.01	.08*
Langweiligkeit gegenüber Technik Prä (5)	855	1.66	0.58	-				.55**	-.20**	-.12**	.19**	.09**	.12**	.04
Langweiligkeit gegenüber Technik Post (6)	792	1.56	0.54	-					-.16**	-.17**	.07*	.12**	.16**	.15**
Wahrgenommene Folgen von Technik Prä (7)	855	2.95	0.62	-						.66**	.12**	.12**	.13**	.12**
Wahrgenommene Folgen von Technik Post (8)	792	2.95	0.62	-							.10**	.08*	.10**	.10**
Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik Prä (9)	855	1.98	0.63	-								.65**	.25**	.23**
Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik Post (10)	792	1.92	0.64	-									.25**	.31**
Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden Prä (11)	855	1.77	0.85	-										.73**
Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden Post (12)	792	1.70	0.86	-										-

Anmerkung. \* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (2-seitig) signifikant. \*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (2-seitig) signifikant; N = 855–792

Tabelle 67: Deskriptive Kennwerte der sechs Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach Geschlecht (Mädchen / Jungen) getrennt dargestellt in der Interventionsgruppe 1 + Interventionsgruppe 2

Variable nach Stichprobe	Mädchen						Jungen					
	Prätest			Posttest			Prätest			Posttest		
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<b>Technische Berufswünsche</b>												
Interventionsgruppe 1	161	1.91	0.72	150	2.02	0.70	140	2.83	0.83	123	2.90	0.79
Interventionsgruppe 2	419	2.08	0.59	390	2.41	0.60	436	2.74	0.71	402	2.89	0.66
Gesamt	580	2.04	0.63	540	2.30	0.65	576	2.76	0.74	525	2.89	0.74
<b>Interesse für Technik</b>												
Interventionsgruppe 1	161	2.42	0.70	150	2.46	0.58	140	3.02	0.60	123	2.96	0.54
Interventionsgruppe 2	419	2.63	0.55	390	2.82	0.52	436	3.04	0.50	402	3.16	0.48
Gesamt	580	2.57	0.57	540	2.72	0.56	576	3.04	0.53	525	3.11	0.50
<b>Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik</b>												
Interventionsgruppe 1	161	2.19	0.70	150	2.20	0.70	140	1.74	0.65	123	1.94	0.66
Interventionsgruppe 2	419	1.82	0.62	390	1.65	0.56	436	1.51	0.60	402	1.48	0.49
Gesamt	580	1.92	0.66	540	1.81	0.65	576	1.57	0.55	525	1.59	0.57
<b>Wahrgenommene Folgen von Technik</b>												
Interventionsgruppe 1	161	3.00	0.54	150	3.09	0.52	140	3.18	0.50	123	3.10	0.55
Interventionsgruppe 2	419	2.81	0.57	390	2.82	0.64	436	3.09	0.54	402	3.08	0.56
Gesamt	580	2.86	0.57	540	2.90	0.62	576	3.11	0.53	525	3.08	0.56
<b>Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik</b>												
Interventionsgruppe 1	161	2.16	0.64	150	2.14	0.68	140	2.12	0.62	123	2.30	0.71
Interventionsgruppe 2	419	1.91	0.61	390	1.79	0.62	436	2.06	0.64	402	2.04	0.64
Gesamt	580	1.98	0.63	540	1.89	0.65	576	2.07	0.63	525	2.10	0.66
<b>Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden</b>												
Interventionsgruppe 1	161	1.90	0.84	150	1.79	0.88	140	2.20	0.85	123	2.18	0.97
Interventionsgruppe 2	419	1.48	0.66	390	1.36	0.58	436	2.05	0.93	402	2.03	0.95
Gesamt	580	1.60	0.73	540	1.48	0.71	576	2.09	0.91	525	2.07	0.96

## 9.2 Forschungsfrage 4: Technikeinstellungen

### Messung der Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen

Hypothese:

H11: Die Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen unterscheiden sich hinsichtlich des Geschlechts und des Alters.

Ein Strukturgleichungsmodell mit latenten Konstrukten des PATT-SQ-Tests in deutscher Version wurde vorab geprüft, und die Passung der sechsfaktoriellen Struktur erwies sich als passend für nachfolgende Analysen (vgl. Kapitel 8.3.3). Anhand der sechs Subdimensionen (vgl. Kapitel 8.3) des aus dem Englischen ins Deutsche übersetzten Messinstruments Pupils Attitude Towards Technology Short Questionnaires werden im Kapitel 9.2.1 die Einstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen zum Messzeitpunkt vor der jeweiligen Intervention mit Mittelwerten und deren Vergleiche dargestellt (Prätest). Anschließend erfolgt als mögliche Einordnung der vorliegenden Resultate ein Vergleich mit anderen internationalen Studien. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu erreichen, werden manifeste  $t$ -Tests berechnet.

Für die Hypothesenprüfung 11 werden die Prä-Daten der beiden Interventionsgruppen zusammengeführt betrachtet. Zu diesem Zeitpunkt liegt kein interventionsbedingter Einfluss vor. Die Voraussetzungen für den parametrischen  $t$ -Test sind in der vorliegenden Stichprobe für die Teilstudie 2 (Interventionsgruppe 1 und 2) insgesamt für den Prä-Test größtenteils erfüllt. Es liegen unabhängige Stichproben für Vergleiche zwischen Geschlechtern und Altersklassen vor. Die Voraussetzungsprüfung der Normalverteilung für die Differenzwerte kann trotz signifikantem Shapiro-Wilk-Test als unproblematisch betrachtet werden, da die Stichprobengröße genügend groß ist ( $N \geq 30$ ) und der Test relativ robust auf Voraussetzungsverletzungen reagiert (Bortz & Schuster, 2010; Yap & Sim, 2011). Die Varianzhomogenität liegt gemäß Levene-Test nur zwischen einzelnen Gruppen vor. Entsprechend wer-

den  $t$ -Tests mit Welch-Korrektur bzw. Welch-Tests für die Vergleiche mit varianzheterogenen Paaren herangezogen (Field, 2018).

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Hypothesenprüfung 11 präsentiert.

### 9.2.1 Hypothese 11

Das Diagramm in der Abbildung 67 gibt einen Überblick bezüglich der Mittelwerte aller sechs Subdimensionen zu den Technikeinstellungen der Kinder und Jugendlichen in der Schweiz. Die Schüler\*innen weisen auf einer Skala von 1 (trifft nicht zu) bis 4 (trifft vollkommen zu) im Schnitt mittelhohe Werte ( $M = 2.40$ ) für die Skala Berufswünsche, ein mittleres bis hohes Interesse für Technik ( $M = 2.80$ ) sowie tiefe Werte für die Skala wahrgenommene Langweiligkeit von Technik ( $M = 1.75$ ) auf. Weiter schätzen die Kinder und Jugendlichen die Folgen bzw. den Einfluss von Technik ( $M = 2.99$ ) als tendenziell hoch ein. Die Schwierigkeit von Technik wird im Durchschnitt ( $M = 2.03$ ) eher tief eingeschätzt. Der Mittelwert der Skala Überzeugungen von Geschlechterunterschieden ( $M = 1.84$ ) weist darauf hin, dass diese bei den Proband\*innen vorhanden sind, aber tendenziell auf einem tiefen Niveau.

Ein anschließender Vergleich der Mittelwerte der Geschlechter (siehe Abbildung 68) via  $t$ -Test für unabhängige Stichproben zeigt, dass sich die Probandinnen und Probanden in allen sechs Subdimensionen signifikant unterscheiden. Die Probandinnen weisen im Vergleich zu den Probanden tiefere Werte in den fünf Bereichen *technische Berufswünsche* ( $M_s = 2.04$  vs.  $2.76$ ,  $SD_s = 0.63$  vs.  $0.74$ ),  $t(1123.19) = -17.90$ ,  $p < .001$ ,  $d = -0.90$ , *Interesse für Technik* ( $M_s = 2.57$  vs.  $3.04$ ,  $SD_s = 0.57$  vs.  $0.53$ ),  $t(1147.56) = -14.53$ ,  $p < .001$ ,  $d = -0.69$ , *wahrgenommene Folgen von Technik* ( $M_s = 2.86$  vs.  $3.11$ ,  $SD_s = 0.67$  vs.  $0.53$ ),  $t(1154) = -7.77$ ,  $p < .001$ ,  $d = -0.53$ , *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* ( $M_s = 1.98$  vs.  $2.07$ ,  $SD_s = 0.63$  vs.  $0.63$ ),  $t(1154) = -2.56$ ,  $p = .010$ ,  $d = -0.28$  und im Bereich von *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden* ( $M_s = 1.60$  vs.  $2.09$ ,  $SD_s = 0.73$  vs.  $0.91$ ),  $t(1101.37) = -10.11$ ,  $p < .001$ ,  $d = -0.68$ , auf. In der Subdimension *wahrgenommene Langweiligkeit*

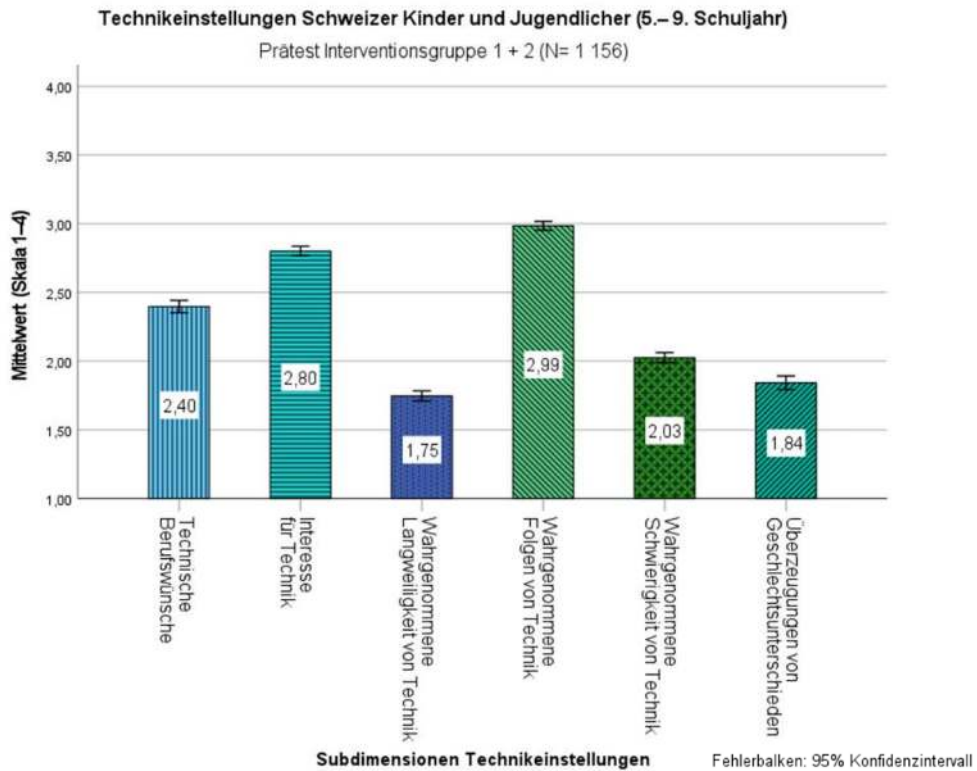


Abbildung 67: Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher (5.–9. Schuljahr, Prätest Interventionsgruppe 1 + 2, N = 1 156)

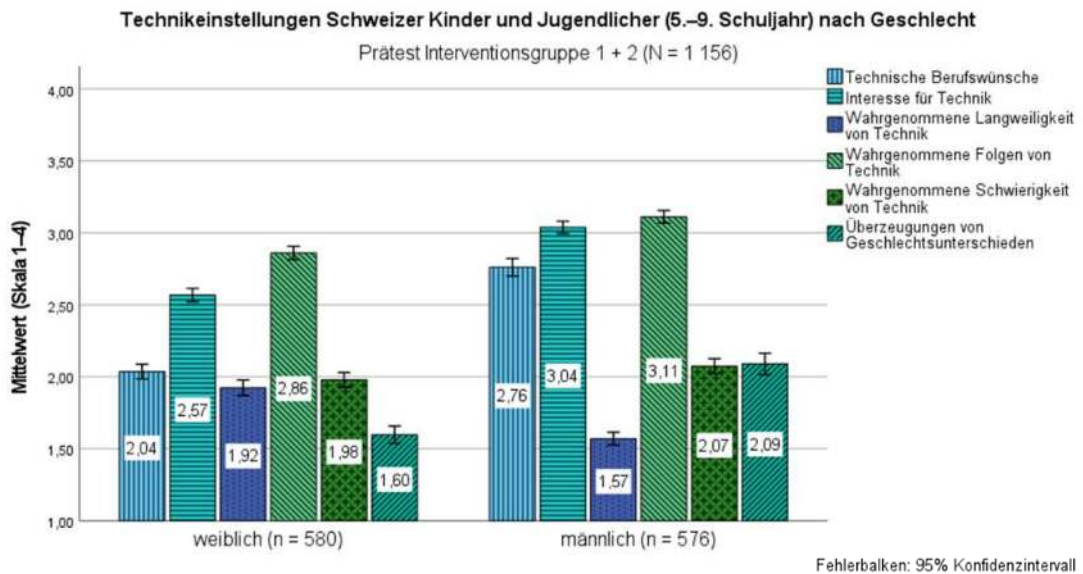


Abbildung 68: Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher (5.–9. Schuljahr, Prätest Interventionsgruppe 1 + 2, N = 1 156) nach Geschlecht (weiblich: N = 580, männlich: N = 576)

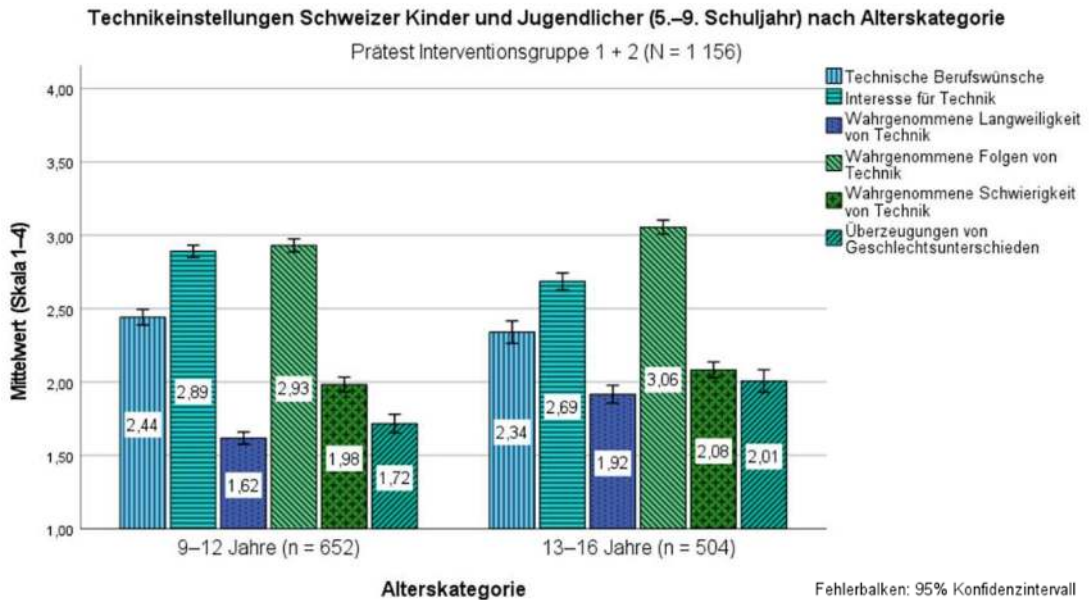


Abbildung 69: Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher (5.–9. Schuljahr, Prätest Interventionsgruppe 1 + 2, N = 1 156) nach Alterskategorie (9–12 Jahre: N = 652, 13–16 Jahre: N = 504)

von Technik ( $M_s = 1.92$  vs.  $1.57$ ,  $SD_s = 0.66$  vs.  $0.55$ ) weisen die Probandinnen signifikant höhere Werte als die Probanden auf,  $t(1115.84) = 9.89$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.47$ .

Für die weitere Hypothesenprüfung werden in einem nächsten Schritt die Daten in zwei von der Spannweite her gleich große Altersklassen unterteilt: Kinder (9–12 Jahre) und Jugendliche (13–16 Jahre) (siehe Abbildung 69). Ein  $t$ -Test für unabhängige Stichproben zeigt auf, inwiefern sich die beiden Gruppen signifikant voneinander unterscheiden. Die beiden Alterskategorien unterscheiden sich hinsichtlich aller sechs Subdimensionen signifikant. Kinder (9–12 Jahre) weisen signifikant höhere Werte als Jugendliche (13–16 Jahre) in den Bereichen *technische Berufswünsche* ( $M_s = 2.44$  vs.  $2.34$ ,  $SD_s = 0.69$  vs.  $0.87$ ),  $t(941.58) = 2.15$ ,  $p = .032$ ,  $d = 0.13$  und *Interesse für Technik* ( $M_s = 2.89$  vs.  $2.69$ ,  $SD_s = 0.54$  vs.  $0.65$ ),  $t(974.56) = 5.72$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.35$ , auf. Jugendliche (13–16 Jahre) weisen in den vier anderen Bereichen signifikant höhere Werte als Kinder (9–12 Jahre) auf: *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* ( $M_s = 1.92$  vs.  $1.62$ ,  $SD_s = 0.70$  vs.  $0.54$ ),  $t(920.05) = 7.95$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.49$ , *wahrgenommene Folgen von Technik*



( $M_s = 3.06$  vs.  $2.93$ ,  $SD_s = 0.54$  vs.  $0.58$ ),  $t(1154) = 3.76$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.22$ , *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* ( $M_s = 2.08$  vs.  $1.98$ ,  $SD_s = 0.62$  vs.  $0.64$ ),  $t(1154) = 2.67$ ,  $p = .008$ ,  $d = 0.16$  und *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden* ( $M_s = 2.01$  vs.  $1.72$ ,  $SD_s = 0.04$  vs.  $0.03$ ),  $t(1154) = -5.76$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.34$ .

Die nachfolgende Abbildung 70 zeigt den altersmäßigen Verlauf der Technikeinstellungsdimensionen von 9 bis 16 Jahren auf. Ein Verlaufsbruch ist visuell zwischen dem 12. und 13. Lebensjahr in allen Subdimensionen erkennbar.

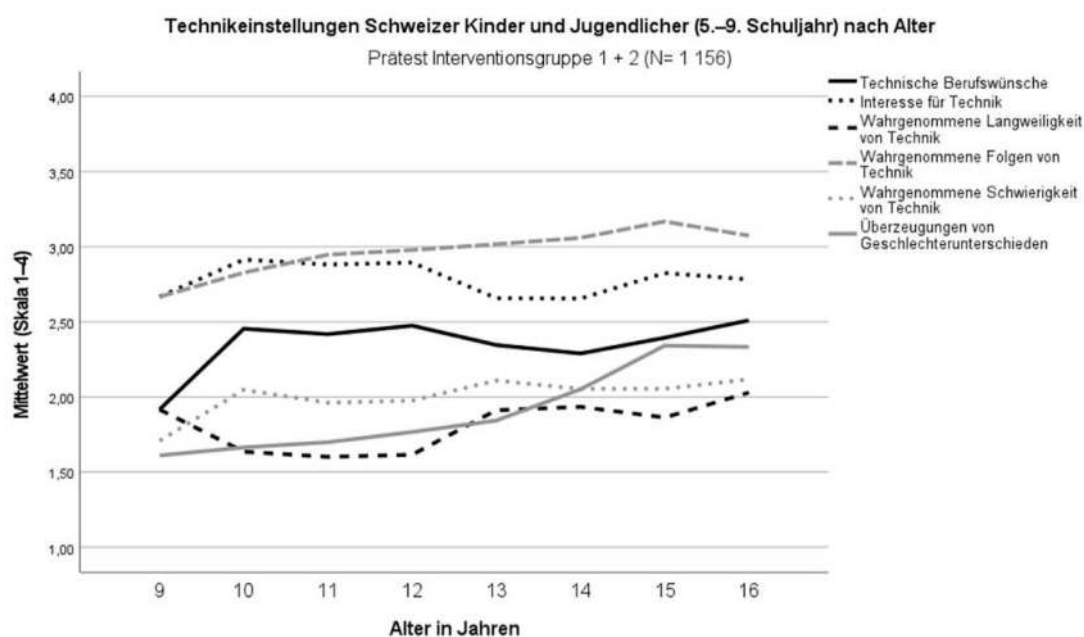


Abbildung 70: Verlauf der Subdimensionen zu Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher nach Alter (5.–9. Schuljahr, Prätest Interventionsgruppe 1 + 2,  $N = 1\,156$ )

### Studienvergleich

Um die zuvor dargestellten Resultate der Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen im Vergleich zu präsentieren, werden diese nachfolgend mit Resultaten aus dem schwedischen PATT-SQ-Test von Svenningsson et al. (2018) (vgl. Kapitel 2.3.1.3) verglichen. Da der deutschen Version des Forschungsinstruments eine vierstufige und dem Originaltest eine fünfstufige Likert-Skala zugrunde liegt (vgl. Ka-

pitel 8.3), werden nur Tendenzen der Mittelwertsunterschiede zwischen den Geschlechtern einzelner Subdimensionen innerhalb der jeweiligen Stichproben zum Vergleich herangezogen.

Die Ergebnisse der schwedischen (Svenningsson et al., 2018) und der vorliegenden schweizerischen Studie weisen gleichermaßen darauf hin, dass sich die Geschlechter in allen sechs Subdimensionen signifikant unterscheiden: In den fünf Subdimensionen *technische Berufswünsche*, *Interesse für Technik* (Technik in der Schule), *wahrgenommene Folgen von Technik*, *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* und *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden* weisen die Mädchen im Gegensatz zu den Jungen jeweils tiefere Werte auf. Bezüglich der Dimension *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* zeigen Mädchen in beiden Studien höhere Werte als die Jungen.

Die Prüfung der Resultate der Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen zweier Studien durch Tendenzen der Mittelwertsunterschiede zwischen den Geschlechtern mit dem Forschungsinstrument PATT-SQ zeigt insgesamt gleiche Tendenzen im unterschiedlichen Antwortverhalten von Mädchen und Jungen in der schwedischen (Svenningsson et al., 2018) und in der vorliegenden Schweizer Studie auf.

### Zu Hypothese 11

Auf der Basis der analysierten Daten kann die Hypothese 11 gestützt werden, dass die Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen sich hinsichtlich des Geschlechts und des Alters in allen Subdimensionen signifikant unterscheiden.

Im nächsten Kapitel werden die Ergebnisse der Hypothesen zur Beantwortung der Fragestellung 5 dargestellt.

## 9.3 Forschungsfrage 5: Interventionsbedingte Veränderungen

### Entwicklung der Einstellungen während der beiden Interventionen

Hypothese:

H12: In den Subdimensionen der Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen sind interventionsbedingte Änderungen nachweisbar.

Um mögliche interventionsbedingte Veränderungen der Kinder und Jugendlichen in der Interventionsgruppe 1 und 2 einzeln zu überprüfen, werden nachfolgend *t*-Tests für abhängige Stichproben entlang der sechs Subdimensionen (vgl. Kapitel 8.3) des Messinstruments Pupils Attitude Towards Technology Short Questionnaires durchgeführt. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu erreichen, werden manifeste *t*-Tests berechnet. Im Kapitel 9.3.1 werden die Ergebnisse der Interventionsgruppe 1 und im Kapitel 9.3.2 die Ergebnisse der Interventionsgruppe 2 dargestellt.

Um die Hypothese 12 zu prüfen, werden Vergleiche der Prä-Post-Daten für jede der beiden unabhängigen Interventionsgruppen einzeln durchgeführt. Die Voraussetzungen für den parametrischen *t*-Test für verbundene Stichproben in der Interventionsgruppe 1 und in der Interventionsgruppe 2 sind jeweils größtenteils erfüllt. Es liegt bei beiden Interventionsgruppen eine einfache Stichprobe von Beobachtungspaaren (Prä und Post) vor. Die Voraussetzungsprüfung der Normalverteilung für die Differenzwerte kann bei beiden Stichproben trotz signifikantem Shapiro-Wilk-Test als unproblematisch betrachtet werden, da die Stichprobengröße zu beiden Messzeitpunkten genügend groß ist ( $N \geq 30$ ) und der Test relativ robust auf Voraussetzungsverletzungen reagiert (Bortz & Schuster, 2010; Yap & Sim, 2011). Im Datensatz beider Interventionsgruppen befinden sich zudem nur geringe Ausreißer, die für die weitere Datenanalyse nicht ausgeschlossen werden. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu erreichen, werden manifeste *t*-Tests berechnet. Zusätzlich wurde

vorab aber eine Messinvarianzprüfung für den Faktor Zeit pro Gruppe durchgeführt (vgl. Kapitel 8.3.2). In der Interventionsgruppe 1 besteht für jede Subskala (partiell) skalare Messinvarianz zwischen den Zeitpunkten. Die Interventionsgruppe 2 weist für fünf der sechs Subskalen (partiell) skalare Messinvarianz zwischen den Zeitpunkten auf. Für die Subskala *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* besteht zwischen den Zeitpunkten keine skalare Messinvarianz, nur eine partiell metrische. Daraus folgende Limitationen werden im Kapitel 10.4 näher betrachtet.

Im nächsten Kapitel werden die Ergebnisse für die Hypothese 12 innerhalb der Interventionsgruppe 1 präsentiert.

### 9.3.1 Hypothese 12: Entwicklung Interventionsgruppe 1

Für die Interventionsgruppe 1 wird nachfolgend anhand von Mittelwertvergleichen überprüft, ob sich durch die Teilnahme an der Intervention an der Hochschule Luzern Technik & Architektur (vgl. Kapitel 4.3.1) Veränderungen einzelner Konstrukte der Technikeinstellungen von Jugendlichen nachweisen lassen.

Das Diagramm in der Abbildung 71 gibt einen Überblick bezüglich der Mittelwerte zu den beiden Messzeitpunkten aller sechs Subdimensionen zu den Technikeinstellungen der Jugendlichen innerhalb der Interventionsgruppe 1.

Bezüglich möglicher interventionsbedingter Entwicklungen werden in der Tabelle 68 die Resultate der Mittelwertvergleiche für jede Subdimension insgesamt und nach Geschlecht getrennt analysiert.

Der Vergleich der Mittelwerte für abhängige Stichproben weist bei zwei Subskalen auf eine signifikante Veränderung über die Zeit hin. Die beiden Skalen *technische Berufswünsche* ( $M_s = 2.41$  vs.  $2.33$ ,  $SD_s = 0.86$  vs.  $0.90$ ),  $t(272) = 2.31$ ,  $p = .022$ ,  $d = 0.14$  und *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* ( $M_s = 2.08$  vs.  $3.09$ ,  $SD_s = 0.69$  vs.  $0.53$ ),  $t(272) = 2.40$ ,  $p = .017$ ,  $d = 0.15$ , weisen nach der Intervention signifikant höhere Werte auf. Bei den anderen vier Skalen gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten. Die Analyse nach Geschlechtern getrennt belegt bei den Probandinnen signifikant höhere Werte im Posttest für die

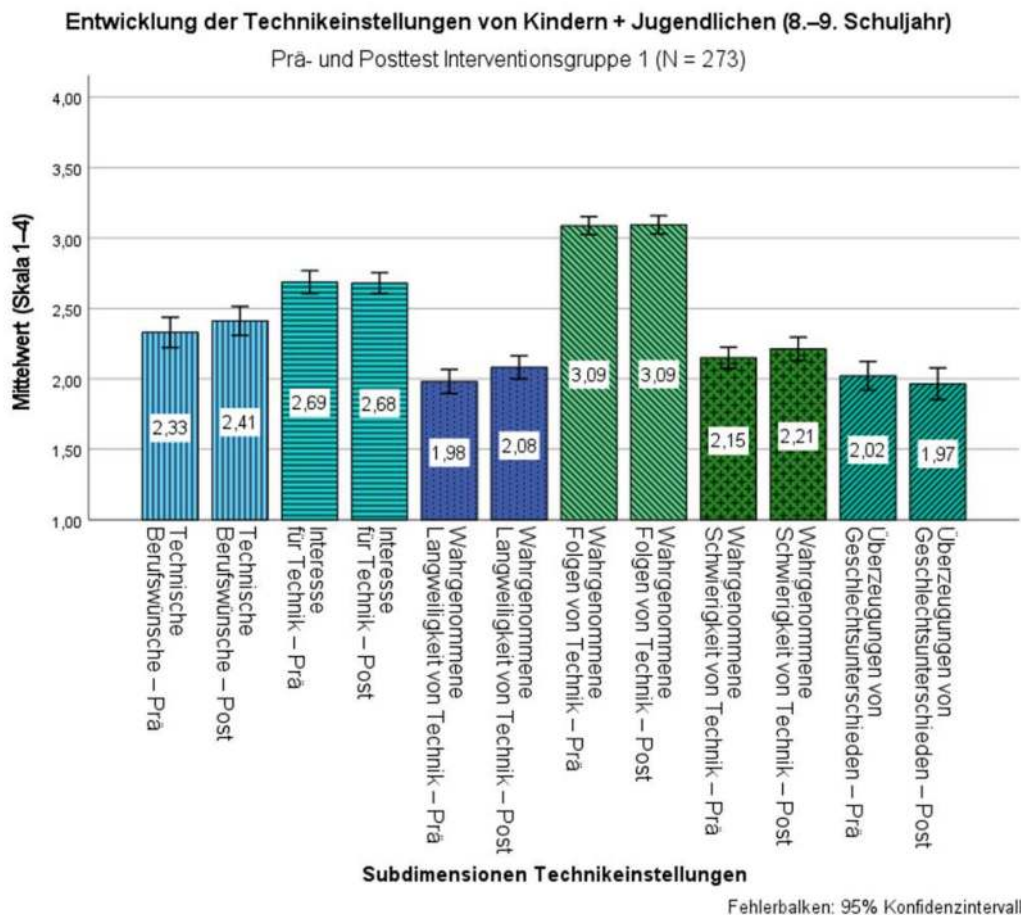


Abbildung 71: Entwicklung der Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher (8.–9. Schuljahr, Interventionsgruppe 1, N = 273)

zwei Subskalen *technische Berufswünsche* ( $M_s = 2.01$  vs.  $1.92$ ,  $SD_s = 0.70$  vs.  $0.73$ ),  $t(149) = 2.04$ ,  $p = .043$ ,  $d = 0.17$  und *wahrgenommene Folgen von Technik* ( $M_s = 3.09$  vs.  $2.99$ ,  $SD_s = 0.52$  vs.  $0.54$ ),  $t(149) = 2.23$ ,  $p = .027$ ,  $d = 0.18$ . Die Probanden verzeichnen eine signifikante Zunahme nach der Intervention bei den Subskalen *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* ( $M_s = 1.94$  vs.  $1.76$ ,  $SD_s = 0.66$  vs.  $0.67$ ),  $t(122) = 2.42$ ,  $p = .017$ ,  $d = 0.22$  sowie *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* ( $M_s = 2.30$  vs.  $1.14$ ,  $SD_s = 0.71$  vs.  $0.63$ ),  $t(122) = 3.10$ ,  $p = .002$ ,  $d = 0.28$ . Des Weiteren wird eine Abnahme bezüglich der *wahrgenommenen Folgen von Technik* ( $M_s = 3.10$  vs.  $3.21$ ,  $SD_s = 0.55$  vs.  $0.49$ ),  $t(122) = -2.00$ ,  $p = .048$ ,  $d = 0.18$  gemessen. Insgesamt handelt es sich bei allen signifikanten Ergebnissen dieser Hypothesenprüfung nach Cohen (1988) um jeweils kleine Effektstärken.

Tabelle 68: *t*-Test-Werte für unabhängige Stichproben zweiseitig für die Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 273$ )

Stichprobe	Gesamt ( $N = 273$ )			Mädchen ( $n = 150$ )			Jungen ( $n = 123$ )		
	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
Technische Berufswünsche (tbw)	2.31 (272)	.022	0.14	2.04 (149)	.043	0.17	1.23 (122)	.220	-
Interesse für Technik (int)	-0.21 (272)	.834	-	0.98 (149)	.327	-	-1.30 (122)	.196	-
Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (lwt)	2.40 (272)	.017	0.15	0.78 (149)	.435	-	2.42 (122)	.017	0.22
Wahrgenommene Folgen von Technik (wft)	0.18 (272)	.861	-	2.23 (149)	.027	0.18	-2.00 (122)	.048	0.18
Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik (wst)	1.77 (272)	.078	-	-0.30 (149)	.761	-	3.10 (122)	.002	0.28
Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden (ugu)	-1.16 (272)	.245	-	-1.91 (149)	.058	-	0.23 (122)	.821	-

### Zu Hypothese 12 in der Interventionsgruppe 1

Auf der Basis der analysierten Daten innerhalb der Interventionsgruppe 1 kann die Hypothese 12 gestützt werden, dass sich einzelne Subdimensionen der Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen über die Kurzintervention hinweg signifikant verändert haben.

Nachfolgend werden die Ergebnisse für die Hypothese 12 innerhalb der Interventionsgruppe 2 präsentiert.

### 9.3.2 Hypothese 12: Entwicklung Interventionsgruppe 2

Es wird nachfolgend geprüft, ob sich innerhalb der Interventionsgruppe 2 durch die Teilnahme an der Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“ (vgl. Kapitel 4.3.1) Veränderungen einzelner Konstrukte der Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nachweisen lassen.

Das Diagramm in der Abbildung 72 gibt einen Überblick betreffend die Mittelwerte zu den beiden Messzeitpunkten aller sechs Subdimensionen zu den Technikeinstellungen der Kinder und Jugendlichen innerhalb der Interventionsgruppe 2.

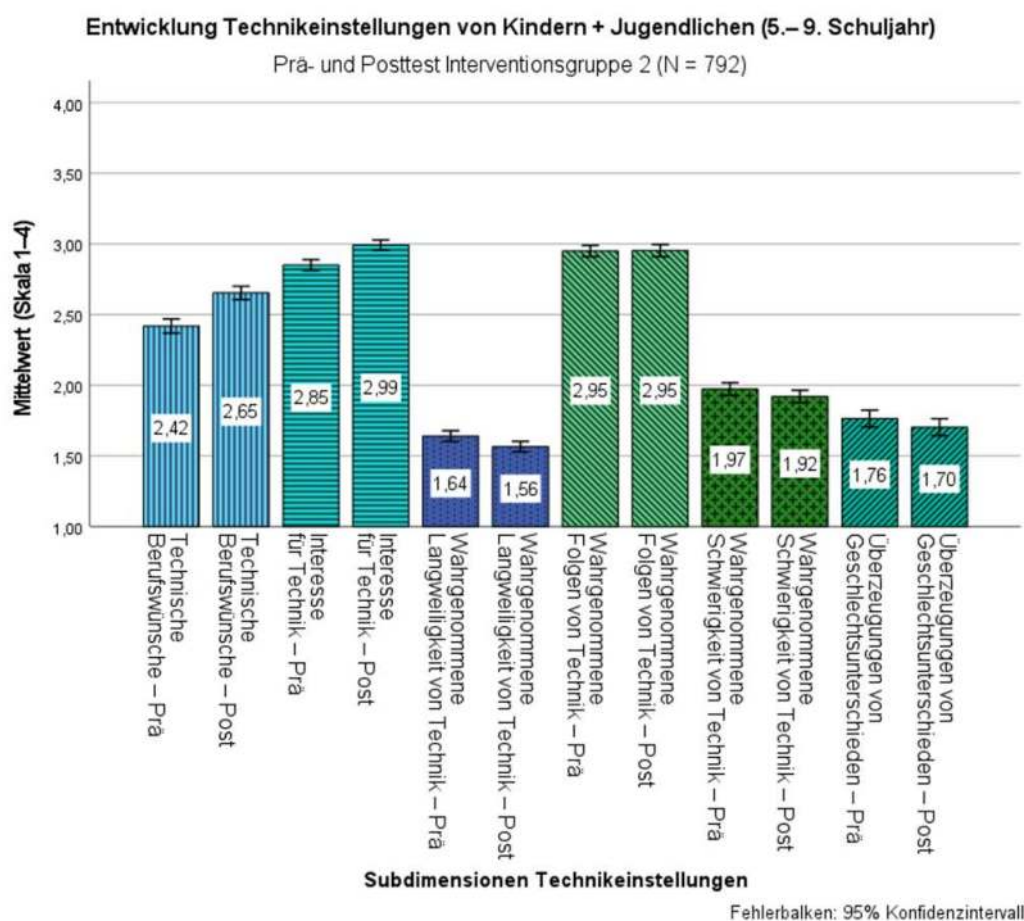


Abbildung 72: Entwicklung der Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher (5.–9. Schuljahr, Interventionsgruppe 2, N = 792)

Tabelle 69: *t*-Test-Werte für unabhängige Stichproben zweiseitig für die Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ )

Stichprobe	Gesamt ( $N = 792$ )			Mädchen ( $n = 390$ )			Jungen ( $n = 402$ )		
	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
Technische Berufswünsche (tbw)	13.65 (791)	<.001	0.48	12.19 (389)	<.001	0.62	7.15 (401)	<.001	0.46
Interesse für Technik (int)	9.25 (791)	<.001	0.33	7.61 (389)	<.001	0.38	5.45 (401)	<.001	0.37
Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (lwt)	-4.11 (791)	<.001	0.15	-4.81 (389)	<.001	0.24	-1.14 (401)	.253	-
Wahrgenommene Folgen von Technik (wft)	0.18 (791)	.857	-	0.529 (389)	.597	-	-0.28 (401)	.776	-
Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik (wst)	-2.81 (791)	.005	0.10	-3.83 (389)	<.001	0.19	-0.42 (401)	.673	-
Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden (ugu)	-2.72 (791)	.007	0.10	-3.86 (389)	<.001	0.19	-0.70 (401)	.486	-

Betreffend mögliche interventionsbedingte Entwicklungen geben die Resultate der *t*-Tests in der Tabelle 69 für jede Subdimension insgesamt und nach Geschlecht getrennt nähere Informationen.

Der Vergleich der Mittelwerte für abhängige Stichproben in der Interventionsgruppe 2 ergibt bei fünf von sechs Skalen signifikante Veränderungen über die Zeit. Die beiden Subskalen *technische Berufswünsche* ( $M_s = 2.65$  vs.  $2.41$ ,  $SD_s = 0.67$  vs.  $0.72$ ),  $t(791) = 13.65$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.48$  und *Interesse für Technik* ( $M_s = 2.99$  vs.  $2.85$ ,  $SD_s = 0.53$  vs.  $0.56$ ),  $t(791) = 9.25$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.33$ , weisen nach der Intervention signifikant höhere Werte auf. Eine signifikante Abnahme über die Zeit erfahren die



Mittelwerte für die drei Subskalen *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* ( $M_s = 1.56$  vs.  $1.64$ ,  $SD_s = 0.53$  vs.  $0.55$ ),  $t(791) = -4.11$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.15$ , *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* ( $M_s = 1.92$  vs.  $1.97$ ,  $SD_s = 0.64$  vs.  $0.63$ ),  $t(791) = -2.81$ ,  $p = .005$ ,  $d = 0.10$  und *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden* ( $M_s = 1.70$  vs.  $1.76$ ,  $SD_s = 0.86$  vs.  $0.53$ ),  $t(791) = -2.72$ ,  $p = .007$ ,  $d = 0.10$ .

Die Analyse nach Geschlechtern getrennt weist bei den Probandinnen auf signifikant höhere Werte im Posttest für *technische Berufswünsche* ( $M_s = 2.41$  vs.  $2.10$ ,  $SD_s = 0.60$  vs.  $0.59$ ),  $t(389) = 12.19$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.62$  und für *Interesse für Technik* hin ( $M_s = 2.81$  vs.  $2.64$ ,  $SD_s = 0.52$  vs.  $0.54$ ),  $t(389) = 7.61$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.38$ . Signifikant tiefere Werte nach der Intervention werden in den drei Subskalen *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* ( $M_s = 1.65$  vs.  $1.77$ ,  $SD_s = 0.56$  vs.  $0.58$ ),  $t(389) = -4.81$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.24$ , *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* ( $M_s = 1.79$  vs.  $1.89$ ,  $SD_s = 0.62$  vs.  $0.60$ ),  $t(389) = -3.83$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.19$  und *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden* ( $M_s = 1.36$  vs.  $1.46$ ,  $SD_s = 0.58$  vs.  $0.64$ ),  $t(389) = -3.86$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.19$ , gemessen. Die männlichen Probanden verzeichnen eine signifikante Zunahme nach der Intervention bei den Subskalen *technische Berufswünsche* ( $M_s = 2.89$  vs.  $2.73$ ,  $SD_s = 0.66$  vs.  $0.70$ ),  $t(401) = 7.15$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.46$  sowie *Interesse für Technik* ( $M_s = 3.16$  vs.  $3.05$ ,  $SD_s = 0.48$  vs.  $0.49$ ),  $t(401) = 5.45$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.37$ . Insgesamt weisen die signifikanten Ergebnisse dieser Hypothesenprüfung nach Cohen (1988) bei der Skala *technische Berufswünsche* und bei der Skala *Interesse für Technik* eher auf mittlere, bei den restlichen Skalen auf jeweils kleine Effektstärken hin.

Da in der Interventionsgruppe 2 durch die Teilnahme von Schüler\*innen der Primar- und Sekundarstufe I eine breite Altersspanne zu verzeichnen ist, werden die Ergebnisse zusätzlich nach zwei Altersklassen analysiert. Mögliche interventionsbedingte Unterschiede werden zwischen den festgelegten Altersspannen 9 bis 12 Jahre und 13 bis 16 Jahre in der Tabelle 70 aufgezeigt.

Der Vergleich der Mittelwerte für abhängige Stichproben nach den beiden Altersgruppen 9 bis 12 und 13 bis 16 Jahre zeigt unterschiedliche Veränderungen über die Zeit. Die Schüler\*innen in der Altersgruppe 9

Tabelle 70: *t*-Test-Werte für unabhängige Stichproben zweiseitig für die Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2, nach Altersgruppen ( $N = 792$ )

Stichprobe	9–12 Jahre ( $n = 628$ )			13–16 Jahre ( $n = 164$ )		
	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>	<i>t</i> -Wert ( <i>df</i> )	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
Technische Berufswünsche (tbw)	13.62 (627)	< .001	0.29	3.69 (163)	< .001	0.29
Interesse für Technik (int)	8.37 (627)	< .001	0.88	3.96 (163)	< .001	0.31
Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (lwt)	-5.65 (627)	< .001	0.33	1.46 (163)	.146	-
Wahrgenommene Folgen von Technik (wft)	-.02 (627)	.984	-	0.41 (163)	.683	-
Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik (wst)	-3.25 (627)	.001	0.22	0.19 (163)	.853	-
Überzeugungen von Geschlechts- unterschieden (ugu)	-1.70 (629)	.090	-	-2.48 (163)	.014	0.19

bis 12 Jahre weisen signifikant höhere Werte nach der Intervention bei den Skalen *technische Berufswünsche* ( $M_s = 2.69$  vs.  $2.43$ ,  $SD_s = 0.65$  vs.  $0.69$ ),  $t(627) = 13.62$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.29$  und *Interesse für Technik* ( $M_s = 3.03$  vs.  $2.89$ ,  $SD_s = 0.51$  vs.  $0.53$ ),  $t(627) = 8.37$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.88$ , auf. Signifikant tiefere Werte weisen die beiden Subskalen *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* ( $M_s = 1.50$  vs.  $1.61$ ,  $SD_s = 0.50$  vs.  $0.53$ ),  $t(627) = -5.65$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.33$ , und *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* auf ( $M_s = 1.91$  vs.  $1.98$ ,  $SD_s = 0.63$  vs.  $0.64$ ),  $t(627) = -3.25$ ,  $p = .001$ ,  $d = 0.22$ . Die Schüler\*innen in der Altersgruppe von 13 bis 16 Jahren verzeichnen ebenfalls eine signifikante Zunahme nach der Intervention bei den Subskalen *technische Berufswünsche* ( $M_s = 2.50$  vs.  $2.35$ ,  $SD_s = 0.76$  vs.  $0.82$ ),  $t(163) = 3.69$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.29$  und *Interesse für Technik* ( $M_s = 2.83$  vs.  $2.70$ ,  $SD_s = 0.57$  vs.  $0.61$ ),  $t(163) = 3.69$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.31$ . Zudem wird bei den älteren Schüler\*innen (Alters-

gruppe 13–16 Jahre) eine signifikante Abnahme der *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden* gemessen, ( $M_s = 1.79$  vs.  $1.93$ ,  $SD_s = 0.86$  vs.  $0.92$ ),  $t(163) = -2.48$ ,  $p = .014$ ,  $d = 0.19$ . Die gemessenen Effektstärken bei der Skala *Interesse für Technik* in der Altersgruppe 9 bis 12 Jahre sind insgesamt als groß einzustufen. Bei den restlichen signifikanten Ergebnissen handelt es sich nach Cohen (1988) um jeweils kleine bis mittelgroße Effekte.

### Zu Hypothese 12 in der Interventionsgruppe 2

Auf der Basis der analysierten Daten innerhalb der Interventionsgruppe 2 kann die Hypothese 12 ebenfalls gestützt werden, dass sich einzelne Subdimensionen der Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen über die Kurzintervention hinweg signifikant verändert haben.

Nach der Darstellung der Ergebnisse für die Teilstudie II entlang der auf den Fragestellungen 4 und 5 basierenden Hypothesen folgt der Diskussionsteil.



## 10 Diskussion zur Teilstudie II

Die zweite Studie der vorliegenden Dissertationsschrift fokussierte die MINT-Förderung für Schüler\*innen der Primar- und Sekundarstufe I im Setting eines Lehr-Lern-Labors innerhalb einer Kooperation zwischen einer Fachhochschule mit den Schwerpunkten Technik sowie Informatik und einer pädagogischen Hochschule. Dabei wurde – wie bei der Teilstudie I – das Ziel verfolgt, das Potenzial von kooperativen MINT-Fördermaßnahmen anhand authentischer Kontexte für Lernumgebungen und deren Auswirkungen auf affektive Merkmale zu prüfen. Damit wurde auf das Forschungsdesiderat eingegangen, das Feld der fachdidaktischen Forschung mit systematisch ausgewählten Kontexten im naturwissenschaftlich-technischen sowie informatisch-technischen Unterricht empirisch zu erweitern (vgl. Kapitel 2.2.4). Die Erfassung der Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen in der Schweiz (vgl. Fragestellung 4) und ihrer interventionsbedingten Veränderungen (vgl. Fragestellung 5) sollten Informationen über die Notwendigkeit und den Nutzen von weiterführenden Fördermaßnahmen, z. B. anhand von kontextualisiertem Lernen, liefern und durch internationale Studienvergleiche die länderspezifischen Ausprägungen prüfen (Archer et al., 2010; Ardies, Maeyer & Gijbels, 2015; Bennett et al., 2007; Güdel, 2014; Svenningsson et al., 2018).

Für die Teilstudie II wurden zwei Fördermaßnahmen theorie- und empiriebasiert entwickelt (vgl. Kapitel 4.3). Hierzu war ein enger Austausch der beteiligten Personen beider Hochschultypen notwendig. Die beiden Kurzinterventionen wurden als ausserschulisches Lernangebot für Schulklassen der Primar- und Sekundarstufe I (5.–9. Schuljahr) zwischen 2018 bis 2020 durchgeführt. Die empirische Prüfung der Interventionswirkung erfolgte über ein quantitatives Setting mit Prä-Post-Design mit insgesamt  $N = 1\,156$  (Interventionsgruppe 1 HSLU T&A:  $n = 301$ ; Interventionsgruppe 2 Lernwerkstatt PH Luzern:  $n = 855$ ) Schüler\*innen.

Die in Kapitel 9 dargestellten Ergebnisse der Teilstudie II werden nachfolgend zusammengefasst, erläutert, diskutiert und in den aktuellen

Forschungsstand eingebettet. Zum Zwecke der Übersichtlichkeit erfolgt die Diskussion entlang der im Kapitel 3.1 aufgeführten zwei Fragestellungen sowie abgeleiteten Hypothesen.

### **10.1 Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen (Hypothese 11)**

Die Fragestellung 4 beschäftigte sich mit den Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen in der Schweiz mit Fokus auf die Zentralschweiz. Entlang der Hypothese 11 wurde überprüft, ob alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede gemessen werden. Anhand der sechs Subdimensionen (vgl. Kapitel 8.3) des aus dem Englischen ins Deutsche übersetzten Messinstruments Pupils Attitude Towards Technology Short Questionnaires (PATT-SQ) wurden die Einstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen gemessen. Die Daten wurden zum ersten Messzeitpunkt vor der jeweiligen Intervention 1 und 2 erhoben und anhand von *t*-Tests für unverbundene Stichproben auf mögliche geschlechtsspezifische sowie altersbedingte Unterschiede geprüft. Auf der Basis der analysierten Daten konnte die Hypothese 11 gestützt werden, dass sich die Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen nach Alter und Geschlecht aggregiert in allen Subdimensionen signifikant unterscheiden. Die Probandinnen wiesen im Vergleich zu den Probanden tiefere Werte in den fünf Bereichen *technische Berufswünsche*, *Interesse für Technik*, *wahrgenommene Folgen von Technik*, *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* und *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden* auf. In der Subdimension *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* zeigten die Probandinnen signifikant höhere Werte als die Probanden.

Die beiden Alterskategorien unterschieden sich hinsichtlich aller sechs gemessenen Subskalen signifikant. Kinder (9–12 Jahre) hatten signifikant höhere Werte als Jugendliche (13–16 Jahre) in den Bereichen *technische Berufswünsche* und *Interesse für Technik* auf. Jugendliche (13–16 Jahre) hingegen wiesen in den vier anderen Bereichen signifikant höhere Werte als Kinder (9–12 Jahre) auf: *wahrgenommene*

*Langweiligkeit von Technik, wahrgenommene Folgen von Technik, wahrgenommene Schwierigkeit von Technik und Überzeugungen von Geschlechterunterschieden.* Die in der vorliegenden Studie nachgewiesene Interessensabnahme deckt sich mit Ergebnissen aus anderen Studien zur Interessensentwicklung (vgl. Kapitel 2.3.2.2). Der bei Mokhonko (2016) in Deutschland implizierte größere Interessensabfall im Übergang von der Primar- und die Sekundarstufe als über die gesamte Sekundarschulzeit hinweg zeigt sich auch in der vorliegenden Studie. Die gemessene tendenzielle Zunahme der wahrgenommenen Geschlechtsunterschiede bei Technikkompetenzen zugunsten der Jungen über das Alter hinweg geht mit den Ergebnissen von Kessels (2015b) einher: Die Identitätsentwicklung im Jugendalter fordert einen stärkeren Selbst-Prototyp-Abgleich und stereotype Bedrohungen nehmen zu (Kessels, 2015b). Die *gender intensification hypothesis* nach J. P. Hill und Lynch (1983) geht z. B. davon aus, dass die Geschlechter in der Pubertät durch Akteur\*innen wie Eltern, Peers, Lehrpersonen und Medien einem erhöhten Druck ausgesetzt sind, sich den kulturell geprägten Geschlechterrollen anzupassen (Eckes, 2008; Ziegler et al., 2012). Dies wiederum bedeutet, dass kollektive Einstellungen bzw. Stereotype im MINT-Bereich im Sinne des *Soziotop-Konzepts* nach Ziegler (Ziegler et al., 2012) in unterschiedlichen Konstellationen im Alltag Wirkung zeigen. Dieser Einfluss kommt wiederum im Erwartungs-Wert-Modell zum Tragen und postuliert mögliche Einflüsse auf genderspezifische Einstellungs-, Interessens- und Fähigkeitsselbstkonzeptentwicklungen (vgl. Kapitel 2.3.4), die auf die Identitätsentwicklung im Bereich von Naturwissenschaften und Technik maßgeblich einwirken (vgl. Kapitel 2.4). Ein in der vorliegenden Arbeit durchgeführter Studienvergleich der geschlechtsspezifischen Unterschiede bei den Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen anhand einer PATT-SQ-Erhebung aus Schweden (Svenningsson et al., 2018) zeigt insgesamt gleiche Tendenzen im unterschiedlichen Antwortverhalten von Mädchen und Jungen in der Schweiz und in Schweden auf.

In Anlehnung an die Studie von Ardies et al. (2013) wurde ein Strukturgleichungsmodell zu Technikeinstellungen von Kindern und

Jugendlichen nach dem PATT-SQ zum Zeitpunkt des Prätests mit allen Subdimensionen sechsfaktoriell berechnet. Die Modellierung wies passende Fit-Werte auf und war dem Basismodell einfaktoriell und dem Modell mit einem Überfaktor für die sechs Subdimensionen statistisch überlegen. Entsprechend kann das sechsfaktorielle Modell künftig auch für latente Berechnungen genutzt werden.

## 10.2 Interventionsbedingte Veränderungen (Hypothese 12)

Mögliche Interventionswirkungen (vgl. Fragestellung 5) in den beiden Treatments wurden mithilfe von *t*-Tests für abhängige Stichproben gemessen. Die Prüfung der Hypothese 12 erfolgte dabei für die Interventionsgruppen 1 und 2 einzeln.

### *Interventionsgruppe 1*

Die Intervention 1 fand für Schüler\*innen der Sekundarstufe I als Teil des Lehr-Lern-Labor-Seminars während jeweils eines Halbtags in den Laboren der Hochschule Luzern Technik & Architektur statt (vgl. Kapitel 4.3.1). Die Schüler\*innen erfuhren physikalisch-technische Lernzugänge in Form von Unterrichtsminiaturen, die von Lehramtsstudierenden der Sekundarstufe I durchgeführt wurden. Auf der Basis der analysierten Daten innerhalb der Interventionsgruppe 1 konnte die Hypothese 12 gestützt werden, dass sich einzelne Subdimensionen der Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen über die Kurzintervention hinweg signifikant verändern. Einerseits konnte ein Zuwachs der *technischen Berufswünsche* über die Interventionsdauer hinweg gemessen werden. Andererseits nahm die *wahrgenommene Langweiligkeit* der Thematik Technik über die Interventionsdauer zu. Bei den anderen vier Skalen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten. In Bezug auf geschlechtsspezifische Entwicklungen konnten Unterschiede festgestellt werden: Bei den Probandinnen stiegen die Mittelwerte für *technische Berufswünsche* und *wahrgenommene Folgen von Technik* signifikant an. Die Probanden verzeichneten



eine signifikante Zunahme nach der Intervention bei den Subskalen *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* sowie *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik*. Des Weiteren wurde eine Abnahme bezüglich der *wahrgenommenen Folgen von Technik* bei den Probanden gemessen. Die Unterschiede der *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden* waren insgesamt und nach Geschlechtern getrennt über die Zeit gemessen statistisch nicht signifikant. Die Ergebnisse weisen aber auf eine Tendenz hin, dass bei Mädchen die wahrgenommene Überzeugung von Unterschieden über die Interventionszeit hinweg zurückgeht. Nach dem Treatment nahm die Überzeugung bei den Mädchen tendenziell ab, dass Jungen die technische Materie besser verstehen als Mädchen.

Die Resultate deuten insgesamt unter Einbezug der *Latent-State-Trait-Theorie* darauf hin, dass Einstellungen und damit verbundene Interessen sich im Jugendalter bereits etwas gefestigt haben und schwieriger beeinflussbar sind als in jüngeren Jahren (Kelava & Schermelleh-Engel, 2012; Wänke & Bohner, 2006). Eine am gleichen Objekt und Thema orientierte Intervention könnte dabei über den Zeitraum hinweg einflussreicher wirken als mehrere unterschiedliche Themen und Objekte. Interessanterweise nehmen die technischen Berufswünsche bei den Mädchen signifikant zu, was auf weibliche sowie männliche nahbare Rollenmodelle anstelle von unnahbaren *Supermodellen* (Ziegler et al., 2012), thematisch passende Zugänge während der Präsentation in den Laboren an der technischen Fachhochschule und den damit womöglich verbundenen Abbau von stereotypen Einstellungen zurückzuführen sein könnte (vgl. Kapitel 2.3.1.4). Gleichzeitig liegen die Mittelwerte der Berufswünsche für Technik bei den Jungen zu beiden Messzeitpunkten über denjenigen der Mädchen und nehmen nicht ab. Andere Studien stützen das Ergebnis, dass Mädchen im Vergleich zu Jungen tendenziell negativere Einstellungen gegenüber Naturwissenschaften und Technik aufweisen (Barmby et al., 2008; Mokhonko, 2016; Osborne et al., 2003; Potvin & Hasni, 2014; Simpson & Steve Oliver, 1990). Die damit aus den anderen Studienresultaten verbundene negativere Entwicklung über die Zeit konnte in der vorliegenden Interventionsstudie insofern widerlegt werden, als Mädchen positivere Entwicklungen wahrnahmen.

Die gestiegenen Einstellungswerte der wahrgenommenen Folgen von Technik zum Postzeitpunkt könnte z.B. bei den Mädchen als Zeichen einer erhöhten Auseinandersetzung mit den verschiedenen thematischen Aspekten gedeutet werden. Dieser Realitätsabgleich mit Rollenmodellen und authentischen Inhalten könnte bei den Jungen auch eine mögliche Erklärung der Zunahme von Einstellungswerten in den Subdimensionen Schwierigkeit und Langweiligkeit sowie der Abnahme von Werten bei der Subdimension von möglichen Folgen von Technik sein (Kessels, 2015b; Ziegler et al., 2012). Die männlichen Jugendlichen erkennen durch die außerschulische, reale Aktivität im Vergleich zum Regelunterricht wahrscheinlich eher, dass schulische Inhalte zum Verstehen von Technik maßgebend sind und die Materie unterschiedliche berufliche Tätigkeiten vereint, wie dies z. B. im RIASEC+N-Modell zum Tragen kommt (Habig, Blankenburg et al., 2018) .

Die Intervention 1 der Teilstudie II zeigt eine mögliche Verbindung von naturwissenschaftlichen und technischen Inhalten sowie mögliche Einflüsse auf einzelne Einstellungsmerkmale auf. In Zusammenhang mit den gemessenen Einstellungsveränderungen kann das verwendete Messinstrument als sensitiv gegenüber Einflüssen in der authentischen MINT-Lernumgebung aufgefasst werden.

### *Interventionsgruppe 2*

Die Intervention 2 wurde für Schüler\*innen der Primar- und Sekundarstufe I (5.–9. Schuljahr) als Teil eines Lehr-Lern-Labor-Settings mit Fokus auf die Schüler\*innen während jeweils eines Halbtags in der Lernwerkstatt an der Pädagogischen Hochschule Luzern durchgeführt (vgl. Kapitel 4.3.2). Der Schwerpunkt lag auf dem Erfahren von informatisch-technischen Lernzugängen in der Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“. Die Kurse wurden von zertifizierten Roberta®-Teachers sowie Studierenden als Assistenzen durchgeführt.

Auf der Basis der analysierten Daten innerhalb der Interventionsgruppe 2 kann die Hypothese 12 gestützt werden, dass sich einzelne Subdimensionen der Technikeinstellungen von Schweizer Kindern

und Jugendlichen über die Kurzintervention hinweg signifikant verändern. Der Vergleich der Mittelwerte für abhängige Stichproben in der Interventionsgruppe 2 ergab bei fünf von sechs Skalen signifikante Veränderungen über die Zeit. *Technische Berufswünsche* und das *Interesse für Technik* nahmen bei den Schüler\*innen über die Interventionszeit signifikant zu. Demgegenüber nahmen bei den Kindern und Jugendlichen die *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik*, die *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* und die *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden* über den Interventionszeitraum ab. Die Geschlechter entwickelten ihre Einstellungen teilweise unterschiedlich: Die Mädchen verzeichneten im Gegensatz zu den Jungen eine Abnahme bezüglich *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik*, *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* und *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden*. Insgesamt zeigten die Jungen zu beiden Messzeitpunkten höhere Mittelwerte bei den Technikeinstellungen zu Berufswünschen, Interessen, wahrgenommenen Folgen, wahrgenommener Schwierigkeit und Überzeugungen von Geschlechterunterschieden. Mädchen wiesen einzig betreffend wahrgenommene Langweiligkeit von Technik zu beiden Zeitpunkten höhere Messwerte auf. Diese Resultate stimmen mit bisherigen Studien überein, dass Mädchen tendenziell tiefere bzw. negativere Einstellungen gegenüber Naturwissenschaften und Technik aufweisen als Jungen (Barmby et al., 2008; Mokhonko, 2016; Osborne et al., 2003; Potvin & Hasni, 2014; Simpson & Steve Oliver, 1990). Wie bei der Interventionsgruppe 1 konnten auch die Resultate dieser Interventionsgruppe 2 aufzeigen, dass Mädchen positivere Entwicklungen der Einstellungen über die Interventionsdauer hinweg haben. Die signifikante Zunahme der technischen Berufswünsche und Interessen für Technik bei beiden Geschlechtern spricht dafür, dass eine geschlechtersensible Lernumgebung mit nahbaren Rollenmodellen durch die Kursleitungen und Assistenzen gestaltet wurde (Kessels, 2015b; Ziegler et al., 2012). Ein Selbst-Prototyp-Abgleich in dieser Lernumgebung wirkt sich eher positiv auf die Entwicklung der Einstellungen von Mädchen und Jungen aus und unterstützt womöglich den damit verbundenen Abbau von stereotypen Einstellungen (vgl. Kapitel 2.3.1.4). Bei den Mädchen

zeigt sich dies insbesondere durch die Abnahme von Langweiligkeit, Schwierigkeit und der Überzeugung, dass Jungen technische Inhalte besser verstehen. Bei den Jungen bleiben die positiven Werte bestehen.

Da die Intervention ein breites Altersspektrum mit den Schüler\*innen der Primar- und Sekundarstufe I abdeckte, wurde eine zusätzliche Analyse nach zwei Altersklassen getrennt durchgeführt. In beiden Altersgruppen nahmen die *technischen Berufswünsche* und das *Interesse für Technik* signifikant über die Intervention hinweg zu. Die 9- bis 12-Jährigen verzeichneten im Gegensatz zur älteren Altersgruppe eine Abnahme der Skalenwerte *wahrgenommene Langweiligkeit von Technik* und *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik*. Bei den 13- bis 16-jährigen Schüler\*innen zeigte sich im Gegensatz zur jüngeren Altersgruppe eine signifikante Abnahme der *Überzeugungen von Geschlechterunterschieden*. Diese Tendenz zeigte sich auch bei den jüngeren Schüler\*innen, jedoch ohne signifikante Werte.

Unter Einbezug von Interessens- und Einstellungstheorien (vgl. Kapitel 2.3.1 und 2.3.2) scheint eine positive Beeinflussung im zunehmenden Alter schwieriger zu sein. Deshalb erstaunt es, dass die Berufswünsche und Interessen für Technik in der vorliegenden Studie auch in den höheren Altersgruppen signifikant zunehmen. Weiter zeigt sich eine signifikante Abnahme der Überzeugung von Geschlechterunterschieden bei 13- bis 16-Jährigen. Die Daten liefern Hinweise darauf, dass die Überzeugungen für beide Geschlechter abnehmen, aber insbesondere bei den Mädchen durch signifikante Werte nachweisbar sind. Einerseits nehmen die Proband\*innen der höheren Altersstufe erwartungskonform mehr Geschlechterunterschiede bei den Technikkompetenzen zugunsten der Jungen wahr (Kessels, 2015b). Andererseits werden diese über das Treatment hinweg abgebaut, was für ein passendes Sozietop mit nahbaren Rollenmodellen ohne Förderung von stereotypen Bedrohungen spricht (J. Keller, 2007; Marchand & Taasobshirazi, 2013; Ziegler et al., 2012). Diese Intervention impliziert aufgrund der Resultate großes Potenzial, weil sie Kinder und Jugendliche vom 5. bis 9. Schuljahr sowie alle Geschlechter mit dem Thema *Stadt der Zukunft* anspricht (vgl. Kapitel 2.3.2.2).

Im Vergleich zu Studien von Mokhonko (2016) sowie Wulff et al. (2018) zeigt sich, dass MINT-Fördermassnahmen unter Betrachtung von genderspezifischen Aspekten – wie gendergerechte Themenwahl, systematischer Einbezug von weiblichen Rollenbildern, monoedukative Gruppenarbeiten, positive Feedbacks und Erfolgserlebnisförderung beim Experimentieren – Potenzial haben, aber nicht immer den gewünschten Effekt zeigen. Beim auf Grundlage der Roberta-Initiative aufgebauten Interventionskonzept scheint diese gendersensible Kursgestaltung zu greifen. Eine mögliche Erklärung könnte auf das spezifisch, entlang der auf der Geschlechter- und Identitätsforschung beruhenden Kriterien (Amon et al., 2014; Brovelli, Schmid & Gysin, 2019) geschulte Personal zurückgeführt werden. Somit zeigt die Intervention „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“ eine Möglichkeit auf, Technik und Informatik (technische Informatik und praktische Informatik) aufgrund von technischen Systemen zu verbinden und die Gesellschaftsperspektive miteinzubeziehen. Um einen Transfer aus der teils vormodellierten Lernumgebung zu ermöglichen, könnte die Intervention für die Lernenden mit dem Konstruieren einer eigenen Stadt der Zukunft erweitert werden. Durch das Lehr-Lern-Labor-Setting können Kompetenzen sowohl bei Schüler\*innen als auch bei angehenden bzw. amtierenden Lehrpersonen aufgebaut werden (Barkmin et al., 2021). Es gilt zu beachten, dass dieses Setting nur einen Teilbereich der informatischen Bildung darstellt. Ein didaktischer Zugang auch ohne Computer, im Sinne von *computer science unplugged*, ist wichtig, um mögliche Präkonzepte von Schüler\*innen eines Informatiksystems als Repräsentation für die ganze Domäne Informatik zu erweitern. Im Sinne von *Computational Thinking* lassen sich Problemlöseprozesse mit und ohne informatische Systeme analog und digital, unabhängig sowie kombiniert angehen (Gesellschaft für Informatik e.V., 2008; Humbert et al., 2019). Es besteht die Möglichkeit, die vorliegende Intervention mit analogen sowie digitalen Zugängen zu erweitern. In Zusammenhang mit den gemessenen Einstellungsveränderungen kann auch diese Intervention als sensitiv gegenüber Einflüssen in der authentischen MINT-Lernumgebung aufgefasst werden.

Um die Resultate aus den beiden Interventionsgruppen 1 und 2 übergreifend betrachtet zu diskutieren, werden diese im nächsten Kapitel als Konklusion zusammengeführt.

### **10.3 Konklusion der Diskussion der Teilstudie II**

Die Resultate der zweiten Teilstudie veranschaulichen einerseits differenziert die Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen mit Fokus Zentralschweiz. Dabei sind die Resultate vergleichbar mit Studien aus anderen europäischen Ländern wie z. B. Schweden (Svenningsson et al., 2018). Andererseits zeigt die Teilstudie II das Potenzial auf, mit kontextualisiertem Lernen auf Primar- und Sekundarstufe I Einstellungsveränderungen bereits in Kurzinterventionen hervorzurufen (Ardies, Maeyer & Gijbels, 2015; Bennett et al., 2007; Güdel, 2014; N. Ültay & Çalık, 2012). Die beiden in der vorliegenden Studie evaluierten Interventionen zeigen dabei interdisziplinäre Ansätze der Fachdomänen Physik und Technik sowie Informatik und Technik auf. Diese können als lehrplanspezifische Fördermaßnahmen der integralen Technikbildung verstanden werden. Als verbindendes Element dieser drei MINT-Disziplinen wird die Handlungsweise des Problemlösens akzentuiert (Mammes et al., 2019). Das Setting der beiden zuvor vorgestellten Interventionen war sowohl inhaltlich als auch örtlich unterschiedlich. Daher scheint ein Direktvergleich auf den ersten Anblick wenig sinnvoll. Es zeigt sich aber übergreifend, dass authentische Kontexte als Lernumgebungen das Potenzial haben, MINT-Förderung zu ermöglichen. Das Spektrum der unterschiedlichen Räumlichkeiten und Lerngegenstände ist dabei groß. Eine Studie von Schüttler et al. (2021) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass sowohl der authentische Lernort als auch die authentischen Laborgeräte auf die Interessenvalenzen wirken. Einstellungen können dabei sowohl über Integration Informatik-Technik als auch Naturwissenschaften bzw. Physik und Technik beeinflusst und gemessen werden. Das in der vorliegenden Studie eingesetzte Messinstrument PATT-SQ (Ardies, Maeyer & Gijbels, 2015) in deutscher Fassung zeigt sich als sensitiv dafür. In beiden Fällen konnte eine ten-

denzielle oder gar signifikante Minimierung des Gendergaps im Bereich der Technikeinstellungen gemessen werden. Eine mögliche Limitation wird im Kapitel 10.4 diskutiert.

Die vorliegende Teilstudie II mit ihrem Schwerpunkt auf Schüler\*innen innerhalb des Lehr-Lern-Labors lässt sich mit Resultaten aus klassischen Schüler\*innenlaboraktivitäten vergleichen. Studien von Jarvis und Pell (2005) zu einem Space Center-Besuch in England sowie Pawek (2009) zu einem Schüler\*innenlaborbesuch in Deutschland deuten darauf hin, dass bereits eine kurze Interventionszeit von einem Halbtage auf affektive Komponenten wie Einstellungen, Interessenskomponenten und Fähigkeitsselbstkonzept positiv einwirken kann. Diese positiven Entwicklungen hielten teils noch mehrere Wochen nach dem Besuch an, wie in einem Follow-up-Test nachgewiesen werden konnte. Bei Mokhonko (2016) zeigten sich insgesamt geringe Fördereffekte bei MINT-Aktivitäten in Deutschland für Schüler\*innen der Gymnasialstufe (7. bis 10. Klasse) mit unterschiedlicher Zeitdauer und Orten, wobei die längere Interventionsdauer der kürzeren nicht überlegen war. Es zeigte sich kein positiver Interventionseffekt auf Gesamtebene für Schüler\*innen der Sekundarstufe I über die Zeit bezüglich fachspezifischer Interessen, Berufswünschen sowie Fähigkeitsselbstkonzept im Bereich Physik. Bei Mädchen der 7. Klassenstufe stieg in Bezug auf das individuelle Interesse für Physik die emotionale Komponente signifikant an. Für die ganze Experimentalgruppe zeigte sich zudem eine leichte Zunahme der intrinsischen Komponente. Die dazugehörige Follow-up-Befragung zeigte zudem in keinem der Fälle nachhaltig positive Effekte. Weitere Effekte waren trotz angegebener genderspezifischer Kriterien nicht nachweisbar. Weitere Vergleiche internationaler Studien zur Schüler\*innenlaborforschung weisen darauf hin, dass bereits bei einmaligen Schüler\*innenlaborbesuchen bedeutsame Effekte für affektive Persönlichkeitsmerkmale hervorgerufen werden, diese aber in der Regel nicht lange anhalten (Guderian & Priemer, 2008). Beim Interesse zeigen sich häufig Effekte auf Komponenten des situationalen Interesses, jedoch nicht auf das individuelle Fach- bzw. Sachinteresse (Pawek, 2019). Guderian (2007) kommt aufgrund seiner Messungen von Schüler\*innen-

labor-Besuchen mit kurzer Zeitdauer mit und ohne Einbettung in den Regelunterricht zum Schluss, dass für eine Stabilisierung u. a. des geweckten Interesses eine Einbindung mit Vor- und insbesondere Nachbereitung des Besuchs notwendig ist. Pawek (2019) fasst Resultate aus 20 Jahren Schüler\*innenlaborforschung folgend zusammen:

Die Grundidee der Schülerlabore, Einblicke in die Wissenschaft durch erlebnis- und erfahrungsorientierte Zugänge zu vermitteln, hat sich als erfolgreich erwiesen. Dies wird einerseits durch die das Angebot bei Weitem übersteigende Nachfrage und andererseits durch wissenschaftliche Studien belegt. Klar ist aber auch: Schülerlabore können und wollen die Schule nicht ersetzen, sondern sinnvoll ergänzen. ... Die Hochschulen profitieren als Erste von interessierten und motivierten Studierenden und haben daher ein besonders großes Interesse an der Nachwuchsförderung. An der Schnittstelle zwischen dem sekundären und tertiären Bildungsbereich bilden Schülerlabore die Basis für einen gelungenen Übergang von der Schule zur Hochschule und tragen spürbar dazu bei, dass die Quantität und Qualität der Studienanfängerinnen und -anfänger steigt. (Pawek, 2019, S. 154–155)

Ziegler et al. (2012) weisen in Bezug auf geschlechtersensible MINT-Interventionsstudien darauf hin, dass aufgrund des *Neutralisationsphänomens* viele Interventionen im darauffolgenden Regelunterricht wieder ihre Wirkung verlieren. Die während der Intervention geprägte gendersensible MINT-Förderumgebung hält nur im Interventionszeitraum an, da danach die stereotypen Einflüsse durch soziale Akteur\*innen aus dem Umfeld wieder anhalten und die Schüler\*innen in alte Muster zurückfallen. Entsprechend räumt der Begriff des *Dodo-Effekts* im MINT-Bereich ein, dass „fast alle Maßnahmen [zur Gewinnung von Mädchen und Frauen für MINT] wirken, doch nicht sehr gut und auch nicht nachhaltig“ (Ziegler et al., 2012, S. 230). Es benötigt eine sinnvolle Einbettung und Anpassung der Umwelt bzw. der Soziotope mit seinen Akteur\*innen. Dazu gehören auch die Lehrpersonen, Peers und das Elternhaus. Dies bestärkt den zweiseitigen Ansatz von MINT-Fördermaßnahmen sowohl auf Ebene der (angehenden) Lehrpersonen als auch bei den Schüler\*innen der Zielstufe. Das Lehr-Lern-Labor ermöglicht als Kooperation zwischen den pädagogischen Hochschulen und den technischen Fachhochschulen eine umsichtige authentische MINT-Förder-



umgebung und stellt eine wichtige Schnittstelle zu MINT-Förderung in Schul- und Freizeitaktivitäten dar. Hierzu ist eine entsprechende Zusammenarbeit aller Akteur\*innen inkl. kantonaler Bildungsverantwortlicher für eine längerfristige Implementation notwendig (Schüttler et al., 2021).

Nachfolgend werden die Grenzen sowie die implizierte Aussagekraft der vorliegenden zweiten Studie näher diskutiert.

## 10.4 Grenzen und Aussagekraft der Teilstudie II

Die vorliegende Analyse von Einstellungen von Kindern und Jugendlichen in der Schweiz und möglichen Interventionseffekten für authentische Kontexte in MINT-Lernumgebungen im Lehr-Lern-Labor-Setting erweitert das aktuelle Forschungsfeld. Die damit verbundenen Limitationen der Teilstudie II bezüglich der Erhebungsinstrumente, der Stichprobe und des Designs werden nachfolgend erläutert.

Im Gegensatz zum generellen theoretischen Rahmen von Einstellungen mit kognitiven, affektiven und behavioralen Komponenten (Fishbein & Ajzen, 1975; Reid, 2006) wird der Schwerpunkt im verwendeten PATT-SQ vorwiegend auf affektive Variablen gelegt (Ankiewicz, 2019b; Ardies et al., 2013). Ankiewicz (2019a) und Svenningsson et al. (2022) schlagen anhand ihrer Analysen vor, das Instrument mindestens um kognitive Variablen, z.B. mit dem Mitcham Score questionnaire, zu erweitern. Dies ermögliche differenzierte Analysen entlang der drei Einstellungskomponenten, um Rückschlüsse für mögliche MINT-Förderungen zu ziehen.

Eine weitere Limitation des verwendeten Fragebogens zeigt sich in den Items zu den wahrgenommenen Geschlechterunterschieden in Bezug auf Technikkompetenzen. Studien von Svenningsson et al. (2022) weisen darauf hin, dass sowohl Jungen als auch Mädchen Unterschieden zwischen den Geschlechtern eher zustimmen, wenn die Aussage mit dem eigenen Geschlecht beginnt. Z. B. stimmten Jungen eher zu, wenn die Aussagen so formuliert waren: Jungen sind fähiger. Das Resultat in der vorliegenden Studie könnte durch die Formulierung beeinflusst wor-

den sein und von der Realität abweichen. Items, die beide Geschlechter beinhalten, oder qualitative Interviewstudien könnten weiterführende Informationen liefern. Die interventionsbedingte Effektmessung deutet aber darauf hin, dass das vorliegende PATT-SQ-Instrument sensitiv gegenüber Veränderungen gemessen hat.

Für die Stichprobe der beiden Interventionsgruppen liegen genügend große Datensätze vor. Eine Messinvarianzprüfung für die sechs gemessenen Konstrukte über den Faktor Zeit zeigte zudem (partiell) skalare Messinvarianz in der Interventionsgruppe 1 auf. Die Interventionsgruppe 2 weist für fünf der sechs Subskalen (partiell) skalare Messinvarianz zwischen den Zeitpunkten auf. Für die Subskala *wahrgenommene Schwierigkeit von Technik* besteht zwischen den Zeitpunkten keine skalare Messinvarianz, nur eine partiell metrische. Gemäß der Voraussetzungsverletzung wurde diese Subskala von den Proband\*innen über die Zeit hinweg anders verstanden. Eine mögliche Erklärung kann sein, dass durch die Intervention mit entsprechenden Beispielen besser verstanden wurde, was unter Schwierigkeit von Technik zu verstehen ist. Womöglich fehlte es in diesem breiten Altersspektrum insbesondere den jüngeren Schüler\*innen an entsprechenden Erfahrungen im Vorfeld der Intervention. Es gilt festzuhalten, dass diese Subskala statistisch gesehen zu beiden Messzeitpunkten strenggenommen nicht verglichen werden darf. Die Tendenzen können trotzdem Hinweise auf Interventionseffekte geben.

Bei der Analyse gilt zu beachten, dass der „Neuigkeitsfaktor“ Einfluss auf diese Resultate nehmen kann. Erst bei längeren Interventionen oder unter Kontrolle der jeweiligen Vorerfahrungen mit den Kontexten (Themen, Inhalten und Lerngegenständen) kann dieser Faktor ausgeschlossen werden. Die breite Wirkung und der Bezug zu den Lehrplaninhalten lassen jedoch vermuten, dass diese Resultate unabhängig vom Aspekt der Neuigkeit Gültigkeit aufweisen. Die vorliegenden Resultate der Fördermaßnahmen in beiden Interventionsgruppen müssten aber mit einer Follow-up-Befragung ergänzt werden, um längerfristige Aussagen über die Interventionswirkung treffen zu können. Aufgrund bisheriger Studien zur Schüler\*innenlaborforschung (Pawek, 2019)

wird vermutet, dass die positiven Ergebnisse über die Zeit wieder leicht sinken, durch eine gezielte Nachbereitung aber längerfristig wirken können. Hierzu wären weiterführende Studien notwendig.

Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Teilstudien I und II werden im nachfolgenden Kapitel als Synopse zusammengeführt diskutiert.



## 11 Synopse beider Teilstudien und Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurde das Potenzial von authentischen Kontexten im Bereich von Physik und Technik zur Förderung affektiver Merkmale wie Interesse, Einstellungen und Fähigkeitsselbstkonzept auf der Ebene der Lehramtsstudierenden sowie Schüler\*innen der Volksschule mit Schwerpunkt Sekundarstufe I untersucht. Den Forschungsrahmen bildeten zwei Teilstudien im Rahmen einer Kooperation zwischen einer Fachhochschule für Technik & Architektur sowie Informatik und einer Pädagogischen Hochschule. Übergreifendes Ziel der Studien war es, interdisziplinäre MINT-Fördermaßnahmen stufen- und hochschultypübergreifend als Lehr-Lern-Labor-Setting zu stärken, um das noch junge fachdidaktische Forschungsfeld im Bereich Lehr-Lern-Labor zu erweitern (Priemer, 2020; Rehfeldt et al., 2020).

Die Befunde aus der Teilstudie I liefern Hinweise darauf, dass aktuelle Forschungsprojekte einer technischen Fachhochschule als Lernkontexte für die Lehramtsstudierenden hohe Authentizität und einen hohen Grad an Alltagsbezug, aber einen tiefen Besonderheitsgrad aufweisen. Trotz Unterschieden bezüglich der Ausprägungen einzelner Kontextmerkmale und Interessensvalenzen zeigten sich insgesamt bei allen sechs Lernkontexten hohe bis sehr hohe Mittelwerte zur emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Valenz. Die gemessenen Zusammenhänge von Kontextmerkmalen und dem situationalen Interesse von Lehramtsstudierenden lassen den Schluss zu, dass technische und naturwissenschaftliche Bildungsinhalte sich anhand von Forschungsprojekten der technischen Fachhochschulen zielführend in Form von Lernkontexten für die Lehrpersonenausbildung verbinden lassen. Die Kontexte wurden im Rahmen eines Lehr-Lern-Labor-Seminars eingesetzt. In der Teilstudie I konnte gezeigt werden, wie eine effektive Maßnahme konzipiert sein kann, um das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept, als Teilkonstrukt der Teilidentität für Physik und Technik, bei angehenden Lehrkräften zu fördern. Es kann festgehalten werden, dass sich die fachbezogene Teilidentität für Physik-Technik mit

dem in der Teilstudie I verwendeten theoretischen Modell nach Rabe und Krey (2018) empirisch prüfen lässt. Die Resultate lassen dabei weiter den Schluss zu, dass die Intervention tiefe Selbstkonzeptwerte – die vorwiegend bei Probandinnen vorlagen – leicht positiv steigen ließ und bereits mittlere bis hohe Selbstkonzeptwerte – die vorwiegend bei den Probanden vorlagen – stabilisierte. Betrachtet man den möglichen Einfluss von Selbstkonzepten auf nachfolgende Lernleistungen, hat die vorliegende Intervention der Teilstudie I das Potenzial, die Performanz der Lehramtsstudierenden in Bezug auf Physik und Technik zu steigern. In Anbetracht der Befunde von Lagler und Wilhelm (2013) wird vermutet, dass Studierende domänenspezifische Themen im integrativen Naturwissenschaftsunterricht eher unterrichten bzw. nicht weglassen, wenn sie sich es zutrauen. Die durch die Intervention gesteigerte Professionskompetenz der angehenden Lehrpersonen kann sich entsprechend positiv auf künftige kognitive und affektive Ergebnisse der Schüler\*innen auswirken. Vorhergehende Studien implizieren dabei z. B., dass Lehrpersonen mit einem positiven – im Gegensatz zu einem negativen – Fähigkeitsselbstkonzept ihre Lernenden besser motivieren können (Harms & Riese, 2018).

Die Befunde aus der Teilstudie II liefern Hinweise darauf, dass die Technikeinstellungen von Schweizer Kindern und Jugendlichen sich hinsichtlich des Geschlechts und des Alters in allen sechs gemessenen Subdimensionen signifikant unterscheiden. Dabei sind die Resultate der geschlechtsspezifischen Unterschiede vergleichbar mit Studien aus anderen europäischen Ländern (Svenningsson et al., 2018). Die in der Analyse durchgeführte Berechnung eines sechsfaktoriellen Strukturgleichungsmodells zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ mit allen Subdimensionen wies passende Fit-Werte auf und kann in künftigen Studien für latente Berechnungen genutzt werden. Die Ergebnisse aus der Teilstudie II lassen den Schluss zu, dass Kinder und Jugendliche in der Schweiz grundsätzlich positive Einstellungen gegenüber Technik aufweisen, die mit zunehmendem Alter abnehmen. Zudem sind geschlechterspezifische Ausprägungen der gemessenen Einstellungen zugunsten der Jungen feststellbar.

In der Teilstudie II konnte weiter gezeigt werden, wie zwei effektive Maßnahmen konzipiert sein können, um mit kontextualisiertem Lernen auf Primar- und Sekundarstufe I teils genderspezifische Einstellungsveränderungen bereits in Kurzinterventionen hervorzurufen. Dabei zeigten diese MINT-Fördermaßnahmen interdisziplinäre Ansätze der Fachdomänen Physik und Technik sowie Informatik und Technik auf. Die Ergebnisse aus Teilstudie II lassen den Schluss zu, dass solche gendersensiblen Interventionen positive Auswirkungen auf die technikbezogenen Einstellungen und damit verbundenen Interessen von Kindern und Jugendlichen haben. Gleichzeitig bleibt die Frage offen, wie lange diese Effekte anhalten.

Ein hohes Potenzial dieser Arbeit liegt darin begründet, dass die vorliegenden MINT-Fördermassnahmen unterschiedliche Akteur\*innen und authentische Lernumgebungen ins Zentrum stellen. Im Sinne eines interdisziplinären Ansatzes von Technik kann diese Studie einen Beitrag zur inter- und transdisziplinären fachdidaktischen Forschung in der Lehrer\*innenbildung leisten (Wilhelm & Brühwiler, 2016).

Die Arbeit leistet einen weiteren Beitrag zur empirischen Überprüfung der Hypothese, dass authentische Kontexte als Lernumgebungen eine interdisziplinäre MINT-Förderung auf Volks- und Hochschule ermöglichen. Dabei werden sowohl unterschiedliche authentische Räumlichkeiten als auch Lerngegenstände miteinbezogen. Affektive Merkmale können sowohl über die Integration Informatik-Technik als auch Naturwissenschaften bzw. Physik und Technik beeinflusst und gemessen werden. Die Verknüpfung von hochschulspezifischem und schulischem Fachwissen kann dabei eine Steigerung der wahrgenommenen Berufsrelevanz für die Lehrpersonen und einen Realitätsabgleich für Schüler\*innen ermöglichen (Borchert et al., 2021; Lorentzen et al., 2019; Messner & Reusser, 2000). Durch die Anlage der Lehr-Lern-Labors kann das Potenzial genutzt werden, um Lernende an aktuelle Forschungsthemen und Labore mit didaktischem Aufbau heranzuführen. Der damit verbundene persönliche Kontakt mit Wissenschaftler\*innen und die fachbezogene Identifikation über die nahbaren Rollenmodelle bzw. Prototypen spielen bei (angehenden) Lehr-

personen, aber auch Schüler\*innen eine wichtige Rolle (Kessels, 2015b; Pawek, 2019). Erstere haben dabei eine Doppelrolle, da sie sich selbst in ihrer Teilidentität als Naturwissenschaftslehrperson entwickeln und bei den Schüler\*innen wiederum selbst für mögliche Selbst-Prototyp-Abgleiche als Rollenmodell im (künftigen) Unterricht agieren (Wentorf et al., 2017). Um mögliche Einflüsse von impliziten und expliziten stereotypen Einstellungen vorzubeugen, braucht es bei solchen Interventionen geschultes Personal (Hofer, 2015). Studien weisen darauf hin, dass die Teilnahme an einer authentischen Forschungserfahrung mit authentischen Geräten bessere Effekte bezüglich künftiger MINT-Berufsausrichtung hervorrufen als klassische Schüler\*innenlabore (Luo et al., 2022; Schüttler et al., 2021). Da dies für Lehramtsausbildungsstätten und insbesondere für reguläre Schulen nur mit enormen Zusatzaufwand und finanziellen Mitteln möglich ist, zeigen solche Kooperationen mit technischen Hochschulen großes Potenzial, um Nachwuchsförderung von zwei Seiten gewinn- und zielfördernd zusammenzubringen.

Eine umfassende MINT-Förderung setzt auf Ebene der (angehenden) Lehrpersonen sowie Schüler\*innen der Zielstufe an. Bei Interventionen soll gemäß Marsh et al. (2005) nach dem Reciprocal-Effects-Modell (REM) sowohl beim Selbstkonzept, dem Interesse als auch bei der Leistung angesetzt werden. Offen bleibt die Frage, ob sich die interventionsbedingten Wirkungen auch längerfristig im Schulalltag wiederfinden. Um diese Effekte aufrechtzuerhalten, benötigt es fachspezifisch eine entsprechende Einbettung in den Regelunterricht mit Nachbereitungsmöglichkeiten. Weiter ist bezüglich gendersensibler MINT-Fördermaßnahmen darauf zu achten, dass alle Soziotope und ihre Akteur\*innen – wie Lehrpersonen, Peers, Eltern – auf eine längerfristige Verankerung Einfluss nehmen können (Ziegler et al., 2012). Entsprechend kann dies in Umgebungen wie dem Lehr-Lern-Labor und darüber hinaus geschult sowie geübt werden.

Um eine längerfristige Integration der Lehr-Lern-Labore in das Lehramtsstudium und den Regelunterricht der Schüler\*innen der Primar- und Sekundarstufe zu ermöglichen, benötigt es Absprachen mit Vertretenden der zuständigen Institutionen sowie der Bildungspolitik.



*Ausblick auf weiterführende Forschungsvorhaben*

Ausblickend könnten weiterführende Studien den Fokus auf die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens während des Lernens in und über Kontexte im Lehramtsstudium legen. Entsprechende Ansätze, die Beziehungen zwischen dem fachdidaktischen Wissen und den Handlungen im Unterricht bei amtierenden Lehrpersonen im Naturwissenschaftsunterricht untersuchen, sind bei Barendsen und Henze (2019) zu finden. Ihre Ergebnisse weisen jedoch auf eine insgesamt schwache Verbindung der fachdidaktischen Kompetenzen der Lehrkraft und der anschließenden Handlungen im Unterricht hin. Weiterführend stellt sich in Anlehnung an ein Desiderat zu mehr kontextualisiertem Lernen im Unterricht von King (2012) die Frage, ob amtierende Lehrpersonen durch die Teilnahme mit ihren Schüler\*innen an kontextualisierten (Kurz-)Interventionen, gemäß Teilstudie II, dazu motiviert werden, kontextualisierte Lernumgebungen eher in ihren Unterricht zu integrieren, und ob sie während des Besuchs fachdidaktische Anhaltspunkte erhalten.

Inwiefern sich die Teilidentitäten der Lehramtsstudierenden nach Studienabschluss in der Praxis weiterentwickeln und welche effektiven Einflüsse sich auf kognitive und affektive Faktoren der Schüler\*innen zeigen, müsste in weiterführenden Studien geprüft werden. Dabei erweisen sich – als umfassende Prüfung des Identitätsmodells nach Rabe und Krey (2018) – insbesondere qualitative Daten der Lehrpersonen als wertvolle Ergänzung. Die quantitative Modellierung der fachspezifischen Teilidentität kann weiterführend genutzt werden. Im Sinne des Reciprocal-Effects-Modells (REM) (Marsh et al., 2005) werden neben dem Einfluss der Vorleistung auch Einflüsse von Selbstkonzept und Interesse auf nachstehende Leistungen erwartet. Diese gilt es aber in einer nachfolgenden Studie zu prüfen.

Um die Schüler\*innen bezüglich ihrer technikbezogenen Einstellungen genauer zu analysieren, könnten Profilanalysen und die Ausweitung auf alle Regionen der Schweiz differenziertere Informationen für MINT-Förderangebote liefern. Dabei sollte der Fokus bei

Fördermaßnahmen auf längerfristige Angebote mit Anknüpfung an den Regelunterricht gelegt werden. Untersuchungen von Lernkontexten zu Fachinhalt, Lernort und Lernmaterialien können weiterführende Informationen zur Treatment-Gestaltung liefern.

# Abkürzungsverzeichnis

AIC	Akaike Information Criterion
ANOVA	Analysis of Variance
APA	American Psychological Association
BIC	Bayesian Information Criterion
CFA	Confirmatory Factor Analysis
CFI	Comparative Fit Index
D-EDK	Deutscheschweizer Erziehungsdirektorenkonferenz
EFA	Exploratorische Faktorenanalyse
ENW	(Positive) Einstellungen Naturwissenschaften
ETW	(Positive) Einstellungen Technikwissenschaften
EXM	Extrinsische Lernmotivation
FIN	Fachinteresse für Physik
HSLU I	Hochschule Luzern, Departement Informatik
HSLU T&A	Hochschule Luzern, Departement Technik & Architektur
ICC	Intraklassenkoeffizient
INT	Physikbezogenes individuelles Interesse (Teilstudie I) / Interesse für Technik (Teilstudie II)
KMK	Kultusministerkonferenz (DE)
LLL(-Seminar)	Lehr-Lern-Labor(-Seminar)
Lehrplan 21	Für die deutsch- und mehrsprachigen Schweizer Kantone geltender Volksschullehrplan
LWT	Wahrgenommene Langweiligkeit von Technik
MANOVA	Multivariate Analysis of Variance
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik
PATT-SQ	Pupils Attitude Towards Technology Survey – Short Questionnaire

PISA	Program for International Student Assessment
PH Luzern	Pädagogische Hochschule Luzern
RMSEA	Root Mean Square Error of Approximation
SBK	Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept
SEM	Structural Equation Model(ing)
SIN	Sachinteresse für Physik
SRMR	Standardized Root-Mean-Square Residual
TLI	Tucker-Lewis-Index
TBW	Technische Berufswünsche
UGU	Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden
WFT	Wahrgenommene Folgen von Technik
WST	Wahrgenommene Schwierigkeit von Technik

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kontextmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht nach van Vorst et al. (2015).....	29
Abbildung 2: Kontextmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht von Habig, van Vorst und Sumfleth (2018) (nach van Vorst et al. (2015))......	30
Abbildung 3: Vier-Phasen-Modell zur Entwicklung von Interesse nach Hidi und Renninger (2006) mit Interessensvalenzen nach Krapp und Prenzel (2011) angereichert.....	52
Abbildung 4: Modell zur hierarchischen Struktur des Selbstkonzepts (Shavelson et al., 1976).....	56
Abbildung 5: Allgemeines Erwartungs-Wert-Modell leistungsbezogener Aufgabenwahl (nach Eccles, 2005, S. 106).....	65
Abbildung 6: Modell zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften in Anlehnung an Weinert (2001), Baumert und Kunter (2013) (Harms & Riese, 2018) ...	73
Abbildung 7: Identitätsmodell für die Physikdidaktik nach Rabe und Krey (2018).....	77
Abbildung 8: Darstellung des Forschungsrahmens der Studie Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen (AutKoM).....	84
Abbildung 9: Forschungsdesign der Interventionsstudie (Teilstudie 1).....	90
Abbildung 10: Forschungsdesign der Interventionsstudie (Teilstudie 2).....	91
Abbildung 11: Ablaufübersicht des Seminars.....	96
Abbildung 12: Übersicht Ablauf Intervention Schüler*innen an der Hochschule Luzern T&A.....	102
Abbildung 13: Systementwicklungsprozess im Roberta®-Konzept (Leimbach et al., 2019, S. 95).....	104
Abbildung 14: Einblick in den Betrieb der Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“ (Herbst 2020, PH Luzern).....	109
Abbildung 15: Übersicht Ablauf Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“.....	110
Abbildung 16: Messzeitpunkte und erhobene Konstrukte Interventionsgruppe Teilstudie I.....	117
Abbildung 17: Messzeitpunkte und erhobene Konstrukte Kontrollgruppe Teilstudie I.....	117

Abbildung 18: Messmodell einfaktoriell zum physikbezogenen individuellen Interesse mit Fach- und Sachinteresse im Posttest (Interventionsgruppe,  $N = 149$ ). Model fit:  $\chi^2(27) = 17.47, p = .919, CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA = < .001, SRMR = .03$ . . . . . 121

Abbildung 19: Messmodell zweifaktoriell zum physikbezogenen individuellen Interesse mit Fach- und Sachinteresse im Posttest (Interventionsgruppe,  $N = 149$ ). Model fit:  $\chi^2(26) = 15.20, p = .954, CFI = 1.00, TLI = 1.03, RMSEA = < .001, SRMR = .02$ . . . . . 121

Abbildung 20: Messmodell zum physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept im Posttest (Interventionsgruppe,  $N = 151$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 1.25, p = .534, CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA = < .001, SRMR = .01$ . . . . . 123

Abbildung 21: Messmodell zu Einstellungen Technikwissenschaften im Posttest (Interventionsgruppe,  $N = 151$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 0.53, p = .767, CFI = 1.00, TLI = 1.04, RMSEA = < .001, SRMR = .01$ . . . . . 125

Abbildung 22: Messmodell zu Einstellungen Naturwissenschaften im Posttest (Interventionsgruppe,  $N = 148$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 2.80, p = .246, CFI = .99, TLI = .97, RMSEA = .06, SRMR = .03$ . . . . . 125

Abbildung 23: Messmodell zur Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation (Posttest, Interventionsgruppe:  $N = 151$ ). Model fit:  $\chi^2(0) = 0.00, p = -, CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA = < .001, SRMR = < .001$ . . . . . 126

Abbildung 24: Messmodell Kontextmerkmal Alltagsbezug (Begleittest I, Interventionsgruppe:  $N = 154$ ). Model fit:  $\chi^2(0) = 0.00, p = -, CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA = < .001, SRMR = < .001$ . . . . . 134

Abbildung 25: Messmodell zum Kontextmerkmal Besonderheit (Begleittest I, Interventionsgruppe:  $N = 154$ ). Model fit:  $\chi^2(0) = 0.00, p = -, CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA = < .001, SRMR = < .001$ . . . . . 135

Abbildung 26: Messmodell zum Kontextmerkmal wahrgenommene Authentizität (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 90$ ). Model fit:  $\chi^2(5) = 9.23, p = .100, CFI = .98, TLI = .96, RMSEA = .10, SRMR = .03$ . . . . . 137

Abbildung 27: Messmodell zur emotionalen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 90$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 0.90, p = .637, CFI = 1.00, TLI = 1.02, RMSEA = < .001, SRMR = .01$ . . . . . 138

Abbildung 28: Messmodell zur wertbezogenen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 91$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 4.57, p = .102, CFI = .97, TLI = .92, RMSEA = .12, SRMR = .04$ . . . . . 139

Abbildung 29: Messmodell zur epistemischen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe:  $N = 91$ ). Model fit:  $\chi^2(2) = 1.41, p = .495, CFI = 1.00, TLI = 1.02, RMSEA = < .001, SRMR = .02$ . . . . . 140

Abbildung 30: Boxplot zur wahrgenommenen Authentizität über alle sechs Kontexte im Begleittest II innerhalb der Interventionsgruppe ( $N = 91$ ) . . . . .	158
Abbildung 31: Entwicklung des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts in der Interventionsgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt . . . .	167
Abbildung 32: Entwicklung des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts in der Kontrollgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt. . . . .	167
Abbildung 33: Entwicklung des physikbezogenen individuellen Interesses in der Interventionsgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt . . . .	168
Abbildung 34: Entwicklung des physikbezogenen individuellen Interesses in der Kontrollgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt. . . . .	169
Abbildung 35: Boxplot zum individuellen Interesse zum Prä- und Postzeitpunkt in der Interventionsgruppe ( $N = 149$ ) und der Kontrollgruppe ( $N = 22$ ) . . . . .	169
Abbildung 36: Entwicklung der Einstellungen Technikwissenschaften in der Interventionsgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt . . . .	170
Abbildung 37: Entwicklung der Einstellungen Technikwissenschaften in der Kontrollgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt . . . . .	170
Abbildung 38: Entwicklung der Einstellungen Naturwissenschaften in der Interventionsgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt . . . .	171
Abbildung 39: Entwicklung der Einstellungen Naturwissenschaften in der Kontrollgruppe nach Geschlecht (männlich, weiblich) getrennt. . . . .	171
Abbildung 40: Entwicklung des physikbezogenen individuellen Interesses in der Interventions- und Kontrollgruppe. . . . .	174
Abbildung 41: Entwicklung des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts in der Interventions- und Kontrollgruppe. . . . .	174
Abbildung 42: Entwicklung der Einstellungen Technikwissenschaften in der Interventions- und Kontrollgruppe. . . . .	175
Abbildung 43: Entwicklung der Einstellungen Naturwissenschaften in der Interventions- und Kontrollgruppe. . . . .	175
Abbildung 44: Strukturgleichungsmodell 1a zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ETW = Einstellungen Technikwissenschaften . . . . .	182

Abbildung 45: Strukturgleichungsmodell 1b zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ETW = Einstellungen Technikwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1 . . . . . 183

Abbildung 46: Vollständiges Strukturgleichungsmodell 1c zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ETW = Einstellungen Technikwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH . . . . . 184

Abbildung 47: Strukturgleichungsmodell 2a zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ENW = Einstellungen Naturwissenschaften . . . . . 187

Abbildung 48: Strukturgleichungsmodell 2b zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ENW = Einstellungen Naturwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1 . . . . . 188

Abbildung 49: Vollständiges Strukturgleichungsmodell 2c zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ENW = Einstellungen Naturwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH . . . . . 190

Abbildung 50: Strukturgleichungsmodell 3a zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept. . . . . 194



Abbildung 51: Strukturgleichungsmodell 3e zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH .....	195
Abbildung 52: Vollständiges Strukturgleichungsmodell 4a zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ETW = Einstellungen Technikwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH .....	197
Abbildung 53: Vollständiges Strukturgleichungsmodell 4b zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ENW = Einstellungen Naturwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH .....	198
Abbildung 54: Übersicht der Pfadkoeffizienten für die Mediationsanalyse zum Modell 4a .....	199
Abbildung 55: Übersicht der Pfadkoeffizienten für die Mediationsanalyse zum Modell 4b .....	201
Abbildung 56: Vollständiges Strukturgleichungsmodell 1c zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 145$ ). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen. INT = Physikbezogenes individuelles Interesse, SBK = Physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, ETW = Einstellungen Technikwissenschaften, Geschlecht Kodierung: Frauen = 0, Männer = 1, Physiknote = Abschlussnote Maturitätsschule oder Vorkurs PH .....	218
Abbildung 57: Messzeitpunkte und erhobene Konstrukte Interventionsgruppe 1 Teilstudie II .....	229

Abbildung 58: Messzeitpunkte und erhobene Konstrukte Interventionsgruppe 2 Teilstudie II .....	229
Abbildung 59: Messmodell zur Subskala Technische Berufswünsche (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 285$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ )). Model fit: $\chi^2(1) = 8.31, p = .004, CFI = 1.00, TLI = .98, RMSEA = .08, SRMR = .01.$ .....	236
Abbildung 60: Messmodell zur Subskala Interesse für Technik (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 278$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 853$ )). Model fit: $\chi^2(9) = 72.03, p = < .001, CFI = 0.96, TLI = 0.93, RMSEA = .08, SRMR = .04.$ .....	237
Abbildung 61: Messmodell zur Subskala wahrgenommene Langweiligkeit von Technik (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 286$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ )). Model fit: $\chi^2(2) = 12.26, p = .002, CFI = .99, TLI = .97, RMSEA = .07, SRMR = .02.$ .....	237
Abbildung 62: Messmodell zur Subskala wahrgenommene Folgen von Technik (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 288$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ )). Model fit: $\chi^2(2) = 8.36, p = .015, CFI = .99, TLI = .98, RMSEA = .05, SRMR = .02.$ .....	238
Abbildung 63: Messmodell zur Subskala wahrgenommene Schwierigkeit von Technik (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 291$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ )). Model fit: $\chi^2(2) = 17.37, p = < .001, CFI = .99, TLI = .97, RMSEA = .08, SRMR = .02.$ .....	238
Abbildung 64: Messmodell zur Subskala Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 297$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ )). Model fit: $\chi^2(0) = 0.00, p = -, CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA = < .001, SRMR = < .001.$ .....	238
Abbildung 65: Modell 1a zur Skala Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 246$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 853$ )). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, graue Linien marginal signifikante und gestrichelte Linien nicht signifikante Beziehungen.....	248
Abbildung 66: Strukturgleichungsmodell 1c zur Skala Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 246$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 853$ )). Durchgezogene Linien zeigen signifikante Beziehungen, gestrichelte Linien nicht signifikante. Kovarianzen zwischen den latenten Variablen werden aus Darstellungsgründen nicht aufgeführt. Geschlecht Kodierung: Mädchen = 0, Jungen = 1; Altersspannbreite: 9 bis 16 Jahre. ....	250

---

Abbildung 67: Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher (5.–9. Schuljahr, Prätest Interventionsgruppe 1 + 2, $N = 1\,156$ ).....	261
Abbildung 68: Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher (5.–9. Schuljahr, Prätest Interventionsgruppe 1 + 2, $N = 1\,156$ ) nach Geschlecht (weiblich: $N = 580$ , männlich: $N = 576$ ).....	261
Abbildung 69: Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher (5.–9. Schuljahr, Prätest Interventionsgruppe 1 + 2, $N = 1\,156$ ) nach Alters- kategorie (9–12 Jahre: $N = 652$ , 13–16 Jahre: $N = 504$ ) .....	262
Abbildung 70: Verlauf der Subdimensionen zu Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher nach Alter (5.–9. Schuljahr, Prätest Interventionsgruppe 1 + 2, $N = 1\,156$ ) .....	263
Abbildung 71: Entwicklung der Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher (8.–9. Schuljahr, Interventionsgruppe 1, $N = 273$ ) .....	267
Abbildung 72: Entwicklung der Technikeinstellungen Schweizer Kinder und Jugendlicher (5.–9. Schuljahr, Interventionsgruppe 2, $N = 792$ ) .....	269



# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Kompetenzbereiche im Fach Technik gemäß Empfehlungen zu Bildungsstandards für Technik für den Mittleren Schulabschluss des VDI (2007).....	25
Tabelle 2: Deskriptive Kennwerte der sechs Subskalen zu (Svenningsson et al., 2018) Technikeinstellungen von schwedischen Kindern und Jugendlichen (Skala 1 bis 5).....	42
Tabelle 3: Mögliche Verortung der Forschungsprojekte im Lehrplan 21*, Natur und Technik (7.–9. Schuljahr) .....	97
Tabelle 4: Übersicht der Aufgabenstellungen für die Lernumgebung „Mit Roberta® die Stadt der Zukunft entdecken“ .....	107
Tabelle 5: Soziodemografische Angaben der Lehramtsstudierenden in der Interventions- und Kontrollgruppe.....	115
Tabelle 6: Erhebungsinstrument zum physikbezogenen individuellen Interesse mit Fach- und Sachinteresse (Posttest, Interventionsgruppe: $N = 149$ )....	119
Tabelle 7: Erhebungsinstrument zur Skala physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept (Posttest, Interventionsgruppe: $N = 149$ ) .....	122
Tabelle 8: Erhebungsinstrument zu Einstellungen Technikwissenschaften (Posttest, Interventionsgruppe: $N = 149$ ).....	124
Tabelle 9: Erhebungsinstrument zu Einstellungen Naturwissenschaften (Posttest, Interventionsgruppe: $N = 149$ ).....	125
Tabelle 10: Erhebungsinstrument zur extrinsischen Lernmotivation im Physikunterricht (Posttest, Interventionsgruppe: $N = 149$ ).....	127
Tabelle 11: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala physikbezogenes individuelles Interesse zwischen Interventions- und Kontrollgruppe (Interventionsgruppe: $N = 149$ ; Kontrollgruppe: $N = 22$ ) .....	129
Tabelle 12: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala physikbezogenes individuelles Interesse zwischen Prä- und Posttest ( $N = 168$ ).....	129
Tabelle 13: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept zwischen Interventions- und Kontrollgruppe (Interventionsgruppe: $N = 151$ ; Kontrollgruppe: $N = 21$ ).....	130
Tabelle 14: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept zwischen Prä- und Posttest ( $N = 170$ ) .....	130

Tabelle 15: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Einstellungen Technikwissenschaften zwischen Interventions- und Kontrollgruppe (Inter- ventionsgruppe: $N = 151$ ; Kontrollgruppe: $N = 22$ ) .....	131
Tabelle 16: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Einstellungen Naturwissenschaften zwischen Interventions- und Kontrollgruppe (Inter- ventionsgruppe: $N = 148$ ; Kontrollgruppe: $N = 22$ ) .....	131
Tabelle 17: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Einstellungen Technikwissenschaften zwischen Prä- und Posttest ( $N = 169$ ) .....	132
Tabelle 18: Indikatoren zur Messinvarianz für die Skala Einstellungen Naturwissenschaften zwischen Prä- und Posttest ( $N = 164$ ) .....	132
Tabelle 19: Erhebungsinstrument zum Kontextmerkmal Alltagsbezug (Begleittest I, Interventionsgruppe: $N = 107$ ) .....	134
Tabelle 20: Erhebungsinstrument zum Kontextmerkmal Besonderheit (Begleittest I, Interventionsgruppe: $N = 107$ ) .....	135
Tabelle 21: Erhebungsinstrument zum Kontextmerkmal wahrgenommene Authentizität (Begleittest II, Interventionsgruppe: $N = 90$ ) .....	136
Tabelle 22: Erhebungsinstrument zur emotionalen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe: $N = 90$ ) .....	137
Tabelle 23: Erhebungsinstrument zur wertbezogenen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe: $N = 91$ ) .....	138
Tabelle 24: Erhebungsinstrument zur epistemischen Valenz des situationalen Interesses (Begleittest II, Interventionsgruppe: $N = 91$ ) .....	139
Tabelle 25: Erhebungsinstrument zur kognitiven Belastung (Begleittest II, Interventionsgruppe: $N = 91$ ) .....	141
Tabelle 26: ICC-Werte der Interventions- und Kontrollgruppe für Prä- und Postdaten (Interventionsgruppe: $N = 151$ ; Kontrollgruppe: $N = 22$ ) .....	143
Tabelle 27: ICC-Werte der Interventionsgruppe für zweiteiligen Begleittest (Interventionsgruppe: $N = 90-107$ ) .....	143
Tabelle 28: Deskriptive Statistik und Korrelationen der Skalen für die Prä- und Postmesszeitpunkte in der Interventionsgruppe .....	148
Tabelle 29: Deskriptive Statistik und Korrelationen der Skalen für die Prä- und Postmesszeitpunkte in der Kontrollgruppe .....	149
Tabelle 30: Deskriptive Kennwerte der abhängigen Variablen physikbezo- genes individuelles Interesse, physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, Einstellungen Technikwissenschaften, Einstellungen Naturwissenschaften sowie der Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation nach Geschlecht .....	150

Tabelle 31: Deskriptive Statistik und Korrelationen der Skalen für die Variablen des zweiteiligen Begleittests in der Interventionsgruppe.....	151
Tabelle 32: Deskriptive Kennwerte der abhängigen Variablen im zweiteiligen Begleittest der Interventionsgruppe nach Kontexten 1–6 aufgegliedert.....	152
Tabelle 33: <i>t</i> -Test-Werte für unabhängige Stichproben zweiseitig, Prüfung des Selection Bias für die Interventions- und Kontrollgruppe im Prätest .....	163
Tabelle 34: Kennwerte der gepaarten <i>t</i> -Tests zweiseitig für Prä- und Postmessung der Kontrollvariable extrinsische Lernmotivation .....	164
Tabelle 35: Ergebnisse der multivariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung und den abhängigen Variablen physikbezogenes individuelles Interesse, physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept, Einstellungen Technikwissenschaften, Einstellungen Naturwissenschaften (Wilks Lambda) .....	173
Tabelle 36: Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Between-subjects-Effekte .....	177
Tabelle 37: Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Within-subject-Effekte .....	178
Tabelle 38: Modellfit des Modells zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen für die Sekundarstufe I mit Einstellungen Technikwissenschaften zum Zeitpunkt des Posttests (Interventionsgruppe: <i>N</i> = 145) ...	181
Tabelle 39: Modellfit des Modells zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen für die Sekundarstufe I mit Einstellungen Naturwissenschaften zum Zeitpunkt des Posttests (Interventionsgruppe: <i>N</i> = 143) ...	186
Tabelle 40: Modellfit des weiterentwickelten Modells zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen für die Sekundarstufe I zum Zeitpunkt des Posttests (Interventionsgruppe: <i>N</i> = 145).....	193
Tabelle 41: Modellfit des weiterentwickelten Modells mit Einstellungen Technik- bzw. Naturwissenschaften zur Identitätsentwicklung angehender Physiklehrpersonen für die Sekundarstufe I zum Zeitpunkt des Posttests (Interventionsgruppe: <i>N</i> = 143–145) .....	196
Tabelle 42: Statistiken zur Mediationsanalyse des vollständigen Strukturgleichungsmodells 4a für die abhängige Variable SKB zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( <i>N</i> = 149) .....	200
Tabelle 43: Statistiken zur Mediationsanalyse mit BCa-Bootstrapping für die abhängige Variable SKB im Modell 4a zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( <i>N</i> = 149).....	200
Tabelle 44: Statistiken zur Mediationsanalyse des vollständigen Strukturgleichungsmodells 4b für die abhängige Variable SKB über INT zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( <i>N</i> = 143).....	202

Tabelle 45: Statistiken zur Mediationsanalyse mit BCa-Bootstrapping für die abhängige Variable SKB im Modell 4b zum Zeitpunkt des Posttests für die gesamte Interventionsgruppe ( $N = 143$ ) .....	203
Tabelle 46: Soziodemografische Angaben der Schüler*innen in der Interventionsgruppe 1 und 2 .....	227
Tabelle 47: Erhebungsinstrument zur Skala Technikeinstellungen von Jugendlichen nach dem PATT-SQ von Ardies et al. (2013).....	233
Tabelle 48: Reliabilitätsmaß und Itemtrennschärfe der Subskalen PATT-SQ nach Ardies et al. (2014) und Schmid (2023) (Prätest, Interventionsgruppe 1 ( $N = 301$ ) + Interventionsgruppe 2 ( $N = 855$ )).....	235
Tabelle 49: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Technische Berufswünsche zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 250$ )..	239
Tabelle 50: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Interesse für Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 231$ ) .....	240
Tabelle 51: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Langweiligkeit von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 246$ ) .....	240
Tabelle 52: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Folgen von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 248$ ) .....	241
Tabelle 53: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Schwierigkeit von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 250$ ) .....	241
Tabelle 54: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 263$ ) .....	242
Tabelle 55: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Technische Berufswünsche zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ ) .....	243
Tabelle 56: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Interesse für Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 790$ ) .....	243
Tabelle 57: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Langweiligkeit von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ ) .....	244
Tabelle 58: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Folgen von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ ) .....	245



Tabelle 59: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala wahrgenommene Schwierigkeit von Technik zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ ) .....	245
Tabelle 60: Indikatoren zur Messinvarianz für die Subskala Überzeugungen von Geschlechtsunterschieden zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ ) .....	246
Tabelle 61: Modellfit des Modells zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zum Zeitpunkt des Prätests (Interventionsgruppe 1 + 2: $N = 1\,099$ ) .....	247
Tabelle 62: Modellfit des vollständigen Modells Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zum Zeitpunkt des Prätests (Interventionsgruppe 1 + 2: $N = 1\,099$ ) .....	249
Tabelle 63: ICC-Werte der Interventionsgruppe 1 und 2 sowie gesamt für Prä- und Postdaten (Interventionsgruppe 1: $N = 301$ ; Interventionsgruppe 2: $N = 855$ ) .....	252
Tabelle 64: Deskriptive Kennwerte der sechs Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen gesamt (Interventionsgruppe 1 + Interventionsgruppe 2) .....	255
Tabelle 65: Deskriptive Statistik und Korrelationen der Skalen für die Variablen der Interventionsgruppe 1 HSLU T&A .....	256
Tabelle 66: Deskriptive Statistik und Korrelationen der Skalen für die Variablen der Interventionsgruppe 2 Lernwerkstatt Roberta .....	257
Tabelle 67: Deskriptive Kennwerte der sechs Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach Geschlecht (Mädchen / Jungen) getrennt dargestellt in der Interventionsgruppe 1 + Interventionsgruppe 2 .....	258
Tabelle 68: $t$ -Test-Werte für unabhängige Stichproben zweiseitig für die Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 1 ( $N = 273$ ) .....	268
Tabelle 69: $t$ -Test-Werte für unabhängige Stichproben zweiseitig für die Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2 ( $N = 792$ ) .....	270
Tabelle 70: $t$ -Test-Werte für unabhängige Stichproben zweiseitig für die Subskalen zu Technikeinstellungen von Kindern und Jugendlichen nach dem PATT-SQ zwischen Prä- und Posttest der Interventionsgruppe 2, nach Altersgruppen ( $N = 792$ ) .....	272



## Literaturverzeichnis

- Akademien der Wissenschaften Schweiz. (2021). *Förderung MINT Schweiz*. <https://akademien-schweiz.ch/de/themen/mint-forderung/>
- Ali, M. S., & Awan, A. S. (2013). Attitude towards science and its relationship with students' achievement in science. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 4(10), 707–718.
- Allen, D. W., & Ryan, K. A. (Hrsg.). (1974). *Beltz-Studienbuch: Bd. 41. Microteaching* (2. Aufl.). Beltz.
- Amon, H., Bartosch, I., Lembens, A., & Wen, I. (Hrsg.). (2014). Gender\_Diversity-Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht: Fachdidaktische Anregungen für Lehrerinnen und Lehrer [Sonderheft]. Klagenfurt. Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung.
- Ankiewicz, P. (2019a). Alignment of the traditional approach to perceptions and attitudes with Mitcham's philosophical framework of technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(2), 329–340. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9443-6>
- Ankiewicz, P. (2019b). Perceptions and attitudes of pupils towards technology: In search of a rigorous theoretical framework. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(1), 37–56. <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9434-z>
- Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). A systematic review of studies on educational robotics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(2). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1223>
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). “Doing” science versus “being” a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, 94(4), 617–639. <https://doi.org/10.1002/sc.20399>
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2013). ‘Not girly, not sexy, not glamorous’: primary school girls' and parents' constructions of science aspirations. *Pedagogy, Culture & Society*, 21(1), 171–194. <https://doi.org/10.1080/14681366.2012.748676>
- Archer, L., Moote, J., & MacLeod, E. (2020). Learning that physics is ‘not for me’: Pedagogic work and the cultivation of habitus among advanced level physics students. *Journal of the Learning Sciences*, 29(3), 347–384. <https://doi.org/10.1080/10508406.2019.1707679>
- Ardies, J., Maeyer, S. de, & Gijbels, D. (2013). Reconstructing the pupils attitudes towards technology-survey. *Design and Technology Education: an International Journal*, 18(1).

- Ardies, J., Maeyer, S. de, & Gijbels, D. (2015). A longitudinal study on boys' and girls' career aspirations and interest in technology. *Research in Science & Technological Education*, 33(3), 366–386. <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1060412>
- Ardies, J., Maeyer, S. de, Gijbels, D., & van Keulen, H. (2015). Students attitudes towards technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(1), 43–65. <https://doi.org/10.1007/s10798-014-9268-x>
- Arnett, J.J. (2000). Emerging adulthood. A theory of development from the late teens through the twenties. *The American psychologist*, 55(5), 469–480.
- Aschbacher, P.R., Li, E., & Roth, E.J. (2009). Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 564–582. <https://doi.org/10.1002/tea.20353>
- Asendorpf, J., & van Aken, M.V. (2003). Personality-relationship transaction in adolescence: core versus surface personality characteristics. *Journal of Personality*, 71(4), 629–666. <https://doi.org/10.1111/1467-6494.7104005>
- Bame, E.A., & Dugger, W.E. (1989). Pupils' attitude towards technology: PATT-USA. In *PATT 4 conference proceedings* (pp. 309–319). Eindhoven.
- Bame, E.A., Dugger, W.E., de Vries, M.J., & McBee, J. (1993). Pupils' attitudes toward technology - PATT-USA. *Journal of Technology Studies*, 19, 40–48.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall, Inc.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W.H. Freeman and Company.
- Barendsen, E., & Henze, I. (2019). Relating teacher PCK and teacher practice using classroom observation. *Research in Science Education*, 49(5), 1141–1175. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9637-z>
- Barkmin, M., Bergner, N., Bröll, L., Huwer, J., & Seegerer, S. (2021). Informatik für alle?! - Informatische Bildung als Baustein in der Lehrkräftebildung. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl & F. Schacht (Hrsg.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung* (S. 99–120). Universitätsverlag Rhein-Ruhr.
- Barmby, P., Kind, P.M., & Jones, K. (2008). Examining changing attitudes in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075–1093. <https://doi.org/10.1080/09500690701344966>
- Baron, R.M., & Kenny, D.A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of personality and social psychology*, 51(6), 1173–1182. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>

- Bartosch, I. (2008). *Undoing Gender im MNI-Unterricht: Langfassung* [Analyseprojekt]. IMST-Gender Netzwerk. [https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/7/71/Langfassung\\_Bartosch2008.pdf](https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/7/71/Langfassung_Bartosch2008.pdf)
- Bartosch, I. (2013). *Entwicklung weiblicher Geschlechtsidentität und Lernen von Physik - ein Widerspruch? Internationale Hochschulschriften: Bd. 598*. Waxmann.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Baumert, J., & Kunter, M. (2013). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In I. Gogolin, H. Kuper, H.-H. Krüger & J. Baumert (Hrsg.), *Stichwort* (1. Aufl., S. 277–337). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-00908-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-658-00908-3_13)
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180. <https://doi.org/10.3102/0002831209345157>
- Beauchamp, C., & Thomas, L. (2009). Understanding teacher identity: An overview of issues in the literature and implications for teacher education. *Cambridge Journal of Education*, 39(2), 175–189. <https://doi.org/10.1080/03057640902902252>
- Behr, D., Braun, M., & Dorer, B. (2015). *Messinstrumente in internationalen Studien*. Mannheim. GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften (GESIS Survey Guidelines). [https://doi.org/10.15465/gesis-sg\\_006](https://doi.org/10.15465/gesis-sg_006)
- Beijaard, D., Meijer, P. C., & Verloop, N. (2004). Reconsidering research on teachers' professional identity. *Teaching and Teacher Education*, 20(2), 107–128. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2003.07.001>
- Beijaard, D., Verloop, N., & Vermunt, J. D. (2000). Teachers' perceptions of professional identity: An exploratory study from a personal knowledge perspective. *Teaching and Teacher Education*, 16(7), 749–764. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(00\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(00)00023-8)
- Bellová, R., Balážová, M., & Tomčík, P. (2021). Are attitudes towards science and technology related to critical areas in science education? *Research in Science & Technological Education*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1991298>
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978–988. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Bennett, J. (2003). *Teaching and learning science: A guide to recent research and its applications*. Continuum.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to

- science teaching. *Science Education*, 91(3), 347–370. <https://doi.org/10.1002/sce.20186>
- Berthold, C., Christ, D., Braam, G., Haubrich, J., & Herfert, M. (Hrsg.). (2018). *Physikalische Freihandexperimente* (5. Aufl.). Aulis.
- Betz, A. (2018). Der Einfluss der Lernumgebung auf die (wahrgenommene) Authentizität der linguistischen Wissenschaftsvermittlung und das Situationale Interesse von Lernenden. *Unterrichtswissenschaft*, 46(3), 261–278. <https://doi.org/10.1007/s42010-018-0021-0>
- Blanca, M. J., Alarcón, R., Arnau, J., Bono, R., & Bendayan, R. (2017). Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? *Psicothema*, 29(4), 552–557. <https://doi.org/10.7334/psicothema2016.383>
- Blankenburg, J., & Scheersoi, A. (2018). Interesse und Interessenentwicklung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 245–260). Springer.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Bøe, M. V., & Henriksen, E. K. (2015). Expectancy-Value perspectives on choice of science and technology education in late-modern societies. In J. Dillon (Ed.), *Understanding student participation and choice in science and technology education* (pp. 17–29). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7793-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7793-4_2)
- Bøe, M. V., Henriksen, E. K., Lyons, T., & Schreiner, C. (2011). Participation in science and technology: Young people's achievement-related choices in late-modern societies. *Studies in Science Education*, 47(1), 37–72. <https://doi.org/10.1080/03057267.2011.549621>
- Boerlin, J., Beerenwinkel, A., & Labudde, P. (2014). *Bericht Analyse MINT-Nachwuchsbarometer: Auswertung der Datenerhebung vom Frühsommer 2012*. Basel. PH FHNW, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik.
- Bong, M., & Skaalvik, E. M. (2003). Academic self-concept and self-efficacy: How different are they really? *Educational Psychology Review*, 15(1), 1–40. <https://doi.org/10.1023/A:1021302408382>
- Borchert, C., Nimz, A., Sonntag, D., & Bodensiek, O. (2021). Fach und Fachdidaktik im Lehramt MINT: Vernetzung produktiv aufgreifen. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch: Online Jahrestagung 2020* (S. 338–341). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. [https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2021/TB2021\\_338\\_Borchert.pdf](https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2021/TB2021_338_Borchert.pdf)
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7. Aufl.). Springer-Lehrbuch. Springer.

- Bosse, M. (2016). *Mathematik fachfremd unterrichten: Zur Professionalität fachbezogener Lehrer-Identität*. Dissertation. *Essener Beiträge zur Mathematikdidaktik*. Springer Spektrum.
- Brovelli, D., Kauertz, A., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2011). Professionelle Kompetenz und Berufsidentität in integrierten und disziplinären Lehramtsstudiengängen der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 17. [https://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/17\\_Brovelli.pdf](https://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/17_Brovelli.pdf)
- Brovelli, D., Schmid, A. M., & Gysin, D. (2019). *Kriterien für einen geschlechtersensiblen Unterricht in Natur & Technik: Arbeitspapier im Projekt „Lehrpersonenbildung für einen gendergerechten Natur- und Technikunterricht auf der Sekundarstufe I“* [Hochschulinternes Dokument]. Pädagogische Hochschule Luzern.
- Brovelli, D., Vogler, E., & Schmid, A. M. (2019). Geschlechtersensibler Naturwissenschafts- und Technikunterricht – Eine Vignettenstudie bei angehenden Lehrkräften. In E. Makarova (Hrsg.), *Gendersensible Berufsorientierung und Berufswahl: Beiträge aus Forschung und Praxis* (S. 149–163). hep. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3568808>
- Brüning, A.-K., Käpnick, F., Birgit, W., Köster, H., & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirischkonstruktive Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 13–26). Springer.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2016). *Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft: Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*. BMBF. [https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Themen/Digitale-Welt/Bildungsoffensive\\_fuer\\_die\\_digitale\\_Wissensgesellschaft.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Themen/Digitale-Welt/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf)
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2019). *Mit MINT in die Zukunft! Der MINT-Aktionsplan des BMBF*. BMBF. [https://www.nationalesmintforum.de/fileadmin/medienablage/content/themen/aktuelles/2019/Veroeffentlichung\\_MINT-Aktionsplan/MINT\\_Aktionsplan\\_2019\\_02\\_13.pdf](https://www.nationalesmintforum.de/fileadmin/medienablage/content/themen/aktuelles/2019/Veroeffentlichung_MINT-Aktionsplan/MINT_Aktionsplan_2019_02_13.pdf)
- Carlone, H. B. (2004). The cultural production of science in reform-based physics: Girls' access, participation, and resistance. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 392–414. <https://doi.org/10.1002/tea.20006>
- Carlone, H. B., Scott, C. M., & Lowder, C. (2014). Becoming (less) scientific: A longitudinal study of students' identity work from elementary to middle school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 836–869. <https://doi.org/10.1002/tea.21150>
- Cheryan, S., Ziegler, S. A., Montoya, A. K., & Jiang, L. (2017). Why are some STEM fields more gender balanced than others? *Psychological Bulletin*, 143(1), 1–35. <https://doi.org/10.1037/bul0000052>
- Chin, W. W. (1998). Commentary: Issues and opinion on structural equation modeling. *MIS Quarterly*, 22(1), vii–xvi. <http://www.jstor.org/stable/249674>

- Chong, S., Ling, L. E., & Chuan, G. K. (2011). Developing student teachers' professional identities: An exploratory study. *International Education Studies*, 4(1), 30–38. <https://doi.org/10.5539/ies.v4n1p30>
- Christidou, V. (2011). Interest, attitudes and images related to science: Combining students' voices with the voices of school science, teachers, and popular science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(2), 141–159.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). L. Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Cook-Sather, A. (2014). Student-faculty partnership in explorations of pedagogical practice: A threshold concept in academic development. *International Journal for Academic Development*, 19(3), 186–198. <https://doi.org/10.1080/1360144X.2013.805694>
- Cramer, C. (2012). *Entwicklung von Professionalität in der Lehrerbildung*. Dissertation. Klinkhardt.
- DeCharms, R. (1968). *Personal causation; the internal affective determinants of behavior*. Academic Press.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 224–238.
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.). (2011). *Monitoring von Motivationskonzepten für den Technikanwuchs (MoMoTech)*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-15921-3>
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften & Körber-Stiftung (Hrsg.). (2021). *MINT Nachwuchsbarometer 2021 [Sonderheft]*. München, Hamburg. <https://www.acatech.de/publikation/mint-nachwuchsbarometer-2021/>
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften & Verein Deutscher Ingenieure e. V. (Hrsg.). (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften: Ergebnisbericht [Sonderheft]*. München, Düsseldorf.
- Deutscheschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (Hrsg.). (2016a). *Lehrplan 21: Fachbereichslehrplan Natur, Mensch, Gesellschaft*. <https://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=b|6|0&la=yes>
- Deutscheschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (Hrsg.). (2016b). *Lehrplan 21 Natur & Technik für den 3. Zyklus*. <https://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=b|6|2>
- Deutscheschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (Hrsg.). (2016c). *Lehrplan 21: Zur Einführung in den Kantonen freigegebene Vorlage, bereinigte Fassung vom 29. Februar 2016*. <https://v-fe.lehrplan.ch/>
- Deutscheschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz. (2021). *Lehrplan 21*. <https://www.lehrplan21.ch/>
- De Vries, M. J. (1988). *Techniek in het natuurkunde-onderwijs [Dissertation]*. Eindhoven, NL, Technische Universiteit. <https://doi.org/10.6100/IR279995>



- De Vries, M. J. (Ed.). (2018). *Handbook of technology education*. Springer.
- DeWitt, J., Osborne, J., Archer, L., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2013). Young children's aspirations in science: The unequivocal, the uncertain and the unthinkable. *International Journal of Science Education*, 35(6), 1037–1063. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.608197>
- Dickhäuser, O., & Stiensmeier-Pelster, J. (2003). Wahrgenommene Lehrereinschätzungen und das Fähigkeitsselbstkonzept von Jungen und Mädchen in der Grundschule. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 50(2), 182–190.
- Dienststelle Volksschulbildung (DVS) Luzern (Hrsg.). (2020). *Modullehrplan MINT für den Kanton Luzern: 3. Zyklus*. Luzern. <https://lu.lehrplan.ch/index.php?code=b|15|0&la=yes>
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer-Lehrbuch. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Dvorakova, L. S. (2021). *Student perceptions of how partnership influences development of graduate attributes, identity, and belonging* [Dissertation]. University of Edinburgh. <https://doi.org/10.7488/era/1744>
- Eccles, J. S. (1983). Expectancies, values, and academic choice: Origins and changes. In J. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motivation* (pp. 87–134). W. H. Freeman.
- Eccles, J. S. (2005). Studying gender and ethnic differences in participation in math, physical science, and information technology. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 2005(110), 7–14. <https://doi.org/10.1002/cd.146>
- Eccles, J. S. (2009). Who am I and what am I going to do with my life? Personal and collective identities as motivators of action. *Educational Psychologist*, 44(2), 78–89. <https://doi.org/10.1080/00461520902832368>
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual review of psychology*, 53, 109–132. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2020). From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation. *Contemporary educational psychology*, 61, 101859. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101859>
- Eckes, T. (2008). Geschlechterstereotype: Von Rollen, Identitäten und Vorurteilen. In R. Becker, B. Kortendiek, & B. Budrich (Hrsg.), *Geschlecht und Gesellschaft: Bd. 35. Handbuch Frauen- und Geschlechterforschung: Theorie, Methoden, Empirie* (2. Aufl., S. 171–182). VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-91972-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-531-91972-0_20)
- economiesuisse. (2016). *Naturwissenschaft und Technik: für die Schweiz ein Muss: Dossierpolitik Nr. 5*. <https://www.economiesuisse.ch/de/dossier-politik/naturwissenschaft-und-technik-fuer-die-schweiz-ein-muss#important>

- Eid, M., Gollwitzer, M., & Schmitt, M. (2015). *Statistik und Forschungsmethoden* (4., überarb. u. erw. Aufl.). Beltz.
- Elsholz, M. (2019). *Das akademische Selbstkonzept angehender Physiklehrkräfte als Teil ihrer professionellen Identität: Dimensionalität und Veränderung während einer zentralen Praxisphase*. Dissertation. Logos. <https://doi.org/10.30819/4857>
- Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. *PLUS LUCIS*(3), 2–8.
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Dissertation. *Studien zum Physiklernen: Band 36*. Logos.
- Erikson, E. H. (1950). *Childhood and Society*. Norton.
- Erikson, E. H. (1968). *Youth and crisis*. WW Norton & Company.
- Ertl, B., Luttenberger, S., & Paechter, M. (2017). The impact of gender stereotypes on the self-concept of female students in STEM subjects with an under-representation of females. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 703. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00703>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Faulstich-Wieland, H. (2009). Gender und Naturwissenschaften: Geschlechtergerechter naturwissenschaftlicher Unterricht in der Schule. In T. Schweiger (Hrsg.), *Geschlecht, Bildung und Kunst: Chancengleichheit in Unterricht und Schule* (1. Aufl., Bd. 33, S. 41–60). VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-91332-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-531-91332-2_3)
- Fechner, S. (2009). *Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education*. Dissertation. *Studien zum Physik- und Chemieernen: Bd. 95*. Logos.
- Feng, X., Wang, J.-L., & Rost, D.H. (2018). Akademische Selbstkonzepte und akademische Selbstwirksamkeiten: Interdependenzen und Beziehungen zu schulischen Leistungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 32(1-2), 23–38. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000218>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). SAGE.
- Finkelstein, N. (2005). Learning physics in context: A study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, 27(10), 1187–1209. <https://doi.org/10.1080/09500690500069491>
- Finsterwald, M., Schober, B., Jöstl, G., & Spiel, C. (2012). Motivation und Attributionen: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten. In H. Stöger, A. Ziegler & M. Heilemann (Hrsg.), *Lehr-Lern-Forschung: Bd. 1. Mäd-*

- chen und Frauen in MINT: Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten* (S. 193–212). Lit.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Addison-Wesley.
- Fislake, M. (2018). Robotics in technology education. In M. J. de Vries (Ed.), *Handbook of technology education* (pp. 1–25). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-38889-2\\_28-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-38889-2_28-1)
- Fraunhofer IAIS (Hrsg.). (2019). *Lernen mit Roboter. Roberta-Grundlagenband* (3. Aufl.). Fraunhofer.
- Freeman, T.M., Anderman, L. H., & Jensen, J.M. (2007). Sense of belonging in college Freshmen at the classroom and campus levels. *The Journal of Experimental Education*, 75(3), 203–220. <https://doi.org/10.3200/JEXE.75.3.203-220>
- Frome, P.M., & Eccles, J.S. (1998). Parents' influence on children's achievement-related perceptions. *Journal of personality and social psychology*, 74(2), 435–452. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.2.435>
- Gardner, P.L. (1996). The dimensionality of attitude scales: a widely misunderstood idea. *International Journal of Science Education*, 18(8), 913–919. <https://doi.org/10.1080/0950069960180804>
- Gee, J.P. (2000). Identity as an analytic lens for research in education. *Review of Research in Education*, 25(1), 99–125. <https://doi.org/10.3102/0091732X025001099>
- Geiser, C. (2009). *Datenanalyse mit Mplus: Eine anwendungsorientierte Einführung* (2. Aufl.). Lehrbuch. VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-93192-0>
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Klinkhardt.
- Gesellschaft für Informatik e.V. (Hrsg.). (2008). Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I [Sonderheft]. *LOG IN*, 28(150/151).
- Gesellschaft für Informatik e.V. (Hrsg.). (2016). Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II [Sonderheft]. *LOG IN*, 36(183/184).
- Gilbert, J.K. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>
- Good, C., Rattan, A., & Dweck, C.S. (2012). Why do women opt out? Sense of belonging and women's representation in mathematics. *Journal of personality and social psychology*, 102(4), 700–717. <https://doi.org/10.1037/a0026659>
- Gottfried Duttweiler Institute (Hrsg.). *Future Skills: Vier Szenarien für morgen und was man dafür können muss*. Auftragsstudie für die Jacobs Foundation. Rüslikon. <https://jacobsfoundation.org/future-skills-vier-szenarien-fuer-morgen/>

- Grimble, M.J., Johnson, M.A., Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. (2009). *Robotics: Modelling, planning and control. Advanced textbooks in control and signal processing*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-642-1>
- Güdel, K. (2014). *Technikaffinität von Mädchen und Jungen der Sekundarstufe I: Untersuchung von Technikinteresse, Selbstwirksamkeitserwartung, Geschlechterrollen und Berufswünschen* [Dissertation]. Universität Genf. <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:41471>
- Güdel, K., & Heitzmann, A. (2016). Naturwissenschaften in der Gesellschaft: Perspektive Technik. In S. Metzger, C. Colberg & P. Kunz (Hrsg.), *SWiSE - Swiss Science Education: Band 1. Naturwissenschaftsdidaktische Perspektiven: Naturwissenschaftliche Grundbildung und didaktische Umsetzung im Rahmen von SWiSE* (1. Aufl., S. 180–192). Haupt.
- Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte* [Dissertation]. Humboldt-Universität, Berlin. <https://doi.org/10.18452/15610>
- Guderian, P., & Priemer, B. (2008). Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche – eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2(7), 27–36.
- Habig, S. (2017). *Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren: Dissertation. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 223*. Logos.
- Habig, S., Blankenburg, J., van Vorst, H., Fechner, S., Parchmann, I., & Sumfleth, E. (2018). Context characteristics and their effects on students' situational interest in chemistry. *International Journal of Science Education*, 40(10), 1154–1175. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470349>
- Habig, S., van Vorst, H., & Sumfleth, E. (2017). Kontexte und ihre Wirkung auf das Interesse von Jungen und Mädchen. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S.178–181). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- Habig, S., van Vorst, H., & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 99–114. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0077-8>
- Hadjar, A., Krolak-Schwerdt, S., Priem, K., & Glock, S. (2014). Gender and educational achievement. *Educational Research*, 56(2), 117–125. <https://doi.org/10.1080/00131881.2014.898908>
- Häggi, E. & Güdel, K. (2020). Fächerübergreifende Technische Allgemeinbildung in der Schweiz. In M. Müller & S. Schumann (Hrsg.), *Technische Bildung. Stimmen aus Forschung, Lehre und Praxis* (S. 13–23). Waxmann.
- Harackiewicz, J.M., Barron, K.E., Tauer, J.M., Carter, S.M., & Elliot, A.J. (2000). Short-term and long-term consequences of achievement goals: Predicting in-

- terest and performance over time. *Journal of Educational Psychology*, 92(2), 316–330. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.2.316>
- Harkness, J.A. (2003). Questionnaire translation. In J.A. Harkness, F.J. R. de van Vijver, & P.P. Mohler (Eds.), *Cross-cultural survey methods* (pp. 35–56). Wiley.
- Harms, U., & Riese, J. (2018). Professionelle Kompetenz und Professionswissen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Lehrbuch. Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 283–298). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_17)
- Harp, S.F., & Mayer, R.E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 90(3), 414–434.
- Hartmann, S., & Schecker, H. (2015). Bietet Robotik Mädchen einen Zugang zu Informatik, Technik und Naturwissenschaft? Evaluationsergebnisse zu dem Projekt „Roberta“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 11, 7–11.
- Haugwitz, M. (2009). *Kontextorientiertes Lernen und Concept Mapping im Fach Biologie: Eine experimentelle Untersuchung zum Einfluss auf Interesse und Leistung unter Berücksichtigung von Moderationseffekten individueller Voraussetzungen beim kooperativen Lernen* [Dissertation]. Universität Duisburg-Essen. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:465-20100104-102352-1>
- Haupt, O.J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 66(6), 324–330.
- Häussler, P., & Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht – an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. *Unterrichtswissenschaft*, 23(2), 107–126.
- Häussler, P., & Hoffmann, L. (1998). Chancengleichheit für Mädchen im Physikunterricht – Ergebnisse eines erweiterten BLK-Modellversuchs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 4(1), 51–67.
- Häussler, P., & Hoffmann, L. (2002). An intervention study to enhance girls' interest, self-concept, and achievement in physics classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 870–888. <https://doi.org/10.1002/tea.10048>
- Hayes, A.F. (2022). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach*. *Methodology in the social sciences ser.* Guilford Publications.
- Hazari, Z., Dou, R., Sonnert, G., & Sadler, P.M. (2022). Examining the relationship between informal science experiences and physics identity: Unrealized possibilities. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1), 10107. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010107>

- Hazari, Z., Sadler, P.M., & Sonnert, G. (2013). The science identity of college students: Exploring the intersection of gender, race, and ethnicity. *Journal of College Science Teaching*, 42(5), 82–91. [www.jstor.org/stable/43631586](http://www.jstor.org/stable/43631586)
- Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P.M., & Shanahan, M.-C. (2010). Connecting high school physics experiences, outcome expectations, physics identity, and physics career choice: A gender study. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 978–1003. <https://doi.org/10.1002/tea.20363>
- Healey, M., Flint, A., & Harrington, K. (2016). Students as partners: Reflections on a conceptual model. *Teaching and Learning Inquiry*, 4(2), 8–20. <https://doi.org/10.20343/teachlearninqu.4.2.3>
- Heck, R.H., & Thomas, S.L. (2015). *An Introduction to multilevel modeling techniques: MLM and SEM approaches using Mplus* (3rd ed.). *Quantitative methodology series*. Routledge Taylor & Francis.
- Heckhausen, H. (1989). *Motivation und Handeln* (2. Aufl.). Springer.
- Helmke, A. (1998). Vom Optimisten zum Realisten? Zur Entwicklung des Fähigkeitskonzeptes vom Kindergarten bis zur 6. Klassenstufe. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Entwicklung im Kindesalter* (S. 115–132). Psychologie Verlags Union.
- Helsper, W. (2016). Lehrerprofessionalität – der strukturtheoretische Ansatz. In M. Rothland (Hrsg.), *Beruf Lehrer/Lehrerin: Ein Studienbuch* (S. 103–125). Waxmann.
- Hidi, S., & Renninger, K.A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_4](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4)
- Hill, H.C., Rowan, B., & Ball, D.L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371–406. <https://doi.org/10.3102/00028312042002371>
- Hill, J.P., & Lynch, M.E. (1983). The intensification of gender-related role expectations during early adolescence. In J. Brooks-Gunn & A. Petersen (Hrsg.), *Girls at puberty: Biological and psychosocial perspectives* (S. 201–228). Springer.
- Hochberg, Y. (1974). Some generalizations of the T-method in simultaneous inference. *Journal of Multivariate Analysis*, 4(2), 224–234. [https://doi.org/10.1016/0047-259X\(74\)90015-3](https://doi.org/10.1016/0047-259X(74)90015-3)
- Hofer, S.I. (2015). Studying gender bias in physics grading: The role of teaching experience and country. *International Journal of Science Education*, 37(17), 2879–2905. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1114190>
- Hofer, S.I., & Stern, E. (2016). Underachievement in physics: When intelligent girls fail. *Learning and Individual Differences*, 51, 119–131. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.08.006>
- Hoffmann, L., Häussler, P., & Peters-Haft, S. (1997). *An den Interessen von Jungen und Mädchen orientierter Physikunterricht*. IPN.

- Holstermann, N., & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 13, 71–86.
- Hox, J.J. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications* (2nd ed.). *Quantitative methodology series*. Routledge Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203852279>
- Hu, L., & Bentler, P.M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Humbert, L., Herper, H., Best, A., Borowski, C., Freudenberg, R., Fricke, M., Haselmeier, K., Hinz, V., Müller, D., Schwill, A., & Thomas, M. (2019). Empfehlungen der GI – Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. In A. Pasternak (Hrsg.), *Informatik für alle*. (S. 237–245). Gesellschaft für Informatik. <https://doi.org/10.18420/infos2019-c9>
- IBM Corp. (2020). *IBM SPSS statistics for Windows* (Version 27.00) [Computer software]. IBM. Armonk, NY.
- International Technology Education Association. (2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology* (3rd ed.). ITEA. <https://www.iteea.org/File.aspx?id=67767&v=b26b7852>
- Janczyk, M., & Pfister, R. (2013). *Inferenzstatistik verstehen: Von A wie Signifikanztest bis Z wie Konfidenzintervall*. Masterclass. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34825-9>
- Jansen, M., Schroeders, U., & Lüdtke, O. (2014). Academic self-concept in science: Multidimensionality, relations to achievement measures, and gender differences. *Learning and Individual Differences*, 30, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.12.003>
- Jarvis, T., & Pell, A. (2005). Factors influencing elementary school children's attitudes toward science before, during, and after a visit to the UK National Space Centre. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 53–83. <https://doi.org/10.1002/tea.20045>
- Jerusalem, M. (2016). Selbstwirksamkeit. In H.-W. Bierhoff, D. Frey, N.-P. Birbaumer, J. Kuhl, W. Schneider & R. Schwarzer (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie Theorie und Forschung Sozialpsychologie: Band 1. Selbst und soziale Kognition* (1. Aufl., S. 169–190). Hogrefe.
- Kalcsics, K., & Wilhelm, M. (2017). *Lernwelten Natur-Mensch-Gesellschaft - Ausbildung: Fachdidaktische Grundlagen* (1. Aufl.). Schulverlag plus.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 579–588. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.579>

- Kampa, N., Neumann, I., Heitmann, P., & Kremer, K. (2016). Epistemological beliefs in science – a person-centered approach to investigate high school students' profiles. *Contemporary educational psychology*, 46, 81–93. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.04.007>
- Kang, H., Calabrese Barton, A., Tan, E., Simpkins, S., Rhee, H., & Turner, C. (2019). How do middle school girls of color develop STEM identities? Middle school girls' participation in science activities and identification with STEM careers. *Science Education*, 103(2), 418–439. <https://doi.org/10.1002/sce.21492>
- Katira, N., Williams, L., & Osborne, J.A. (2005). Towards increasing the compatibility of student pair programmers. In *Proceedings. 27th International Conference on Software Engineering, 2005. ICSE 2005* (pp. 625–626). IEEe. <https://doi.org/10.1109/ICSE.2005.1553618>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*(3), 3–17.
- Kelava, A., & Schermelleh-Engel, K. (2012). Latent-State-Trait-Theorie (LST-Theorie). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 363–381). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4_15)
- Keller, J. (2007). Stereotype threat in classroom settings: the interactive effect of domain identification, task difficulty and stereotype threat on female students' maths performance. *The British journal of educational psychology*, 77(2), 323–338. <https://doi.org/10.1348/000709906X113662>
- Keller, M.M., Neumann, K., & Fischer, H. E. (2017). The impact of physics teachers' pedagogical content knowledge and motivation on students' achievement and interest. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(5), 586–614. <https://doi.org/10.1002/tea.21378>
- Kessels, U. (2012). Selbstkonzept: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten. In H. Stöger, A. Ziegler & M. Heilemann (Hrsg.), *Lehr-Lern-Forschung: Bd. 1. Mädchen und Frauen in MINT: Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten* (S. 163–192). Lit.
- Kessels, U. (2015a). Bridging the gap by enhancing the fit: How stereotypes about STEM clash with stereotypes about girls. *International Journal of Gender, Science and Technology*, 7(2), 280–296.
- Kessels, U. (2015b). Zur Kompatibilität von Geschlechtsidentität, MINT-Fächern und schulischem Engagement: Warum wählen Mädchen seltener Physik und machen häufiger Abitur als Jungen? In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 19–30). IPN.



- Kessels, U., Rau, M., & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. *The British journal of educational psychology*, 76(4), 761–780. <https://doi.org/10.1348/000709905X59961>
- Keupp, H. (2002). *Identitätskonstruktionen: Das Patchwork der Identitäten in der Spätmoderne* (2. Aufl.). Rowohlt's Enzyklopädie: Bd. 55634. Rowohlt-Taschenbuch.
- Keupp, H. (2008). Identitätskonstruktionen in der spätmodernen Gesellschaft. *Zeitschrift für Psychodrama und Soziometrie*, 7(2), 291–308. <https://doi.org/10.1007/s11620-008-0026-5>
- Kind, P., Jones, K., & Barmby, P. (2007). Developing attitudes towards science measures. *International Journal of Science Education*, 29(7), 871–893. <https://doi.org/10.1080/09500690600909091>
- King, D. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: Using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51–87. <https://doi.org/10.1080/03057267.2012.655037>
- Koch, A. F., Kruse, S., & Labudde, P. (Hrsg.). (2019). *Zur Bedeutung der Technischen Bildung in Fächerverbänden: Multiperspektivische und interdisziplinäre Beiträge aus Europa*. Springer Spektrum.
- Köller, O., Trautwein, U., Lüdtke, O., & Baumert, J. (2006). Zum Zusammenspiel von schulischer Leistung, Selbstkonzept und Interesse in der gymnasialen Oberstufe. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(1/2), 27–39. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.20.12.27>
- Kortenkamp, U., Best, A., Brämer, M., Frederking, V., Geldreich, K., Götz, I., Henry, H., Humbert, L., Krauthausen, G., Ladel, S., & Schulte, C. (2021). Positionspapier: Informatische Bildung in der Grundschule und Zentren für Digitale Bildung. *LOG IN*(197/198), 22–26. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34665.21603>
- Krapp, A. (1992). Das Interessenskonstrukt: Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Arbeiten zur sozialwissenschaftlichen Psychologie: Bd. 26. Interesse, Lernen, Leistung: Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung* (S. 297–329). Aschendorff.
- Krapp, A. (1999). Intrinsische Lernmotivation und Interesse. Forschungsansätze und konzeptuelle Überlegungen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45(3), 387–406.
- Krapp, A., & Hascher, T. (2013). Theorien der Lern- und Leistungsmotivation. In L. Ahnert (Hrsg.), *Theorien in der Entwicklungspsychologie* (S. 252–281). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-34805-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34805-1_10)
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645>

- Kuhn, J. (2008). *Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht* [Habilitationsschrift]. Universität Koblenz-Landau, Campus Landau.
- Kuhn, J. (2011). Zeitungsaufgaben und Co.: Einsatz und Effektivität authentischer Lernmedien im Physikunterricht. *PLUS LUCIS*, 1-2, 11–17.
- Kulgemeyer, C., & Riese, J. (2018). From professional knowledge to professional performance: The impact of CK and PCK on teaching quality in explaining situations. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(10), 1393–1418. <https://doi.org/10.1002/tea.21457>
- Kultusministerkonferenz. (2004). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz Deutschland (Jahrgangsstufe 4, 9, 10)*. <https://www.kmk.org/themen/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards/>
- Küng, J.N. (2021). *Gender und Pair Programming: Eine empirische Studie zur Zusammenarbeit von geschlechtshomogenen und -heterogenen Zweiergruppen in einem Robotik-Kurs* [Masterarbeit]. Pädagogische Hochschule Schwyz, Gollau. <https://zenodo.org/communities/reposz-mz/?page=1&size=20>
- Kyriazos, T.A. (2018). Applied Psychometrics: Sample size and sample power considerations in factor analysis (EFA, CFA) and SEM in general. *Psychology*, 9(8), 2207–2230. <https://doi.org/10.4236/psych.2018.98126>
- Ladewig, A., Keller, M., & Klusmann, U. (2020). Sense of belonging as an important factor in the pursuit of physics: Does it also matter for female participants of the german physics olympiad? *Frontiers in Psychology*, 11, 548781. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.548781>
- Lagler, E. & Wilhelm, M. (2013). Zusammenhang von Schülerleistung und Fachausbildung der Lehrkräfte in den Naturwissenschaften: eine Pilotstudie zur Situation in der Schweiz. *Chimica & Didacticae*, 105(38), 47–70.
- Laukenmann, M., Bleicher, M., Fuß, S., Gläser-Zikuda, M., Mayring, P., & Rhöneck, C. von (2003). An investigation of the influence of emotional factors on learning in physics instruction. *International Journal of Science Education*, 25(4), 489–507. <https://doi.org/10.1080/09500690210163233>
- Lee, J., & Chen, M. (2019). Cross-Country predictive validities of non-cognitive variables for mathematics achievement: Evidence based on TIMSS 2015. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(8), em1725. <https://doi.org/10.29333/ejmste/106230>
- Lee, V.E. (2000). Using hierarchical linear modeling to study social contexts: The case of school effects. *Educational Psychologist*, 35(2), 125–141. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3502\\_6](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3502_6)
- Leimbach, T., Tomala, D., & Zay, E. (2019). Das Roberta-Konzept – hands-on, spannend, praxisnah. In A. Bresges & A. Habicher (Hrsg.), *LehrerInnenbildung ge-*

- stalten: Band 12. *Digitalisierung des Bildungssystems: Aufgaben und Perspektiven für die LehrerInnenbildung* (S. 93–112). Waxmann.
- Leonhart, R. (2017). *Lehrbuch Statistik*. Hogrefe. <https://doi.org/10.1024/85797-000>
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51, 47–70.
- Little, T.D., Rhemtulla, M., Gibson, K., & Schoemann, A.M. (2013). Why the items versus parcels controversy needn't be one. *Psychological methods*, 18(3), 285–300. <https://doi.org/10.1037/a0033266>
- Löffler, P. (2016). *Modellanwendung in Problemlöseaufgaben – wie wirkt Kontext?* Dissertation. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 205*. Logos.
- Löffler, P., & Kauertz, A. (2014). Applying physics models in context-based tasks in physics education. In C. P. Constantinou (Hrsg.), *Science education research for evidence-based teaching and coherence in learning (Proceedings of the ESERA 2013 Conference)*. (pp. 171–179). European Science Education Research Association.
- Löffler, P., & Kauertz, A. (2016). Modellanwendung in Problemlöseaufgaben: Wie wirkt Kontext? In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik* (S. 41–43). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP).
- Löffler, P., Pozas, M., & Kauertz, A. (2018). How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students' context-based problem-solving in thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 63(3), 1–22. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1514673>
- Lorentzen, J., Friedrichs, G., Ropohl, M., & Steffensky, M. (2019). Förderung der wahrgenommenen Relevanz von fachlichen Studieninhalten: Evaluation einer Intervention im Lehramtsstudium Chemie. *Unterrichtswissenschaft*, 47(1), 29–49. <https://doi.org/10.1007/s42010-018-00036-1>
- Luo, L., Stoeger, H., & Subotnik, R.F. (2022). The influences of social agents in completing a STEM degree: An examination of female graduates of selective science high schools. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00324-w>
- Lupi3n-Cobos, T., L3pez-Castilla, R., & Blanco-L3pez, 3. (2017). What do science teachers think about developing scientific competences through context-based teaching? A case study. *International Journal of Science Education*, 39(7), 937–963. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1310412>
- Makarova, E., Aeschlimann, B., & Herzog, W. (2019). The gender gap in STEM fields: The impact of the gender stereotype of math and science on secondary students' career aspirations. *Frontiers in Education*, 4, Article 60. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00060>

- Makarova, E., & Herzog, W. (2015). Trapped in the gender stereotype? The image of science among secondary school students and teachers. *Equality, Diversity and Inclusion: An International Journal*, 34(2), 106–123. <https://doi.org/10.1108/EDI-11-2013-0097>
- Mammes, I., Adenstedt, V., Gooß, A. & Graube, G. (2019). Technology, information technology and natural science as basics for innovation. In A. F. Koch, S. Kruse & P. Labudde (Hrsg.), *Zur Bedeutung der Technischen Bildung in Fächerverbänden: Multiperspektivische und interdisziplinäre Beiträge aus Europa* (S. 93–109). Springer Spektrum. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-25623-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-658-25623-4_8)
- Marchand, G. C., & Taasoobshirazi, G. (2013). Stereotype threat and women's performance in physics. *International Journal of Science Education*, 35(18), 3050–3061. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.683461>
- Marcia, J.E. (1980). Identity in adolescence. *Handbook of adolescent psychology*, 9(11), 159–187.
- Marsh, H.W. (1986). Verbal and math self-concepts: An internal/external frame of reference model. *American Educational Research Journal*, 23(1), 129–149. <https://doi.org/10.3102/00028312023001129>
- Marsh, H.W. (1990). The structure of academic self-concept: The Marsh/Shavelson model. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 623–636. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.4.623>
- Marsh, H.W., Byrne, B.M., & Shavelson, R.J. (1988). A multifaceted academic self-concept: Its hierarchical structure and its relation to academic achievement. *Journal of Educational Psychology*, 80(3), 366–380. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.80.3.366>
- Marsh, H.W., & Craven, R.G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on Psychological Science*, 1(2), 133–163. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00010.x>
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic self-concept, interest, grades, and standardized test scores: Reciprocal effects models of causal ordering. *Child development*, 76(2), 397–416. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2005.00853.x>
- Matthews, K.E. (2017). Five propositions for genuine students as partners practice. *International Journal for Students as Partners*, 1(2). <https://doi.org/10.15173/ijsap.v1i2.3315>
- Meece, J.L., Glienke, B.B., & Burg, S. (2006). Gender and motivation. *Journal of School Psychology*, 44(5), 351–373. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2006.04.004>
- Messner, H., & Reusser, K. (2000). Die berufliche Entwicklung von Lehrpersonen als lebenslanger Prozess. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 18(2), 157–171. <https://doi.org/10.25656/01:13427>

- Mestre, J.P. (2002). Probing adults' conceptual understanding and transfer of learning via problem posing. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 23(1), 9–50. [https://doi.org/10.1016/S0193-3973\(01\)00101-0](https://doi.org/10.1016/S0193-3973(01)00101-0)
- Mey, H. (2004). Technik-Verständnis als vernachlässigter Teil der Allgemeinbildung. *Werkspuren*, 2, 10–19.
- Millsap, R.E. (2011). *Statistical approaches to measurement invariance*. Routledge.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85(3), 424–436. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.85.3.424>
- Mokhonko, S. (2016). *Nachwuchsförderung im MINT-Bereich: Aktuelle Entwicklungen, Fördermaßnahmen und ihre Effekte*. Dissertation. *Empirische Berufsbildungsforschung: Bd. 2*. Franz Steiner.
- Möller, J. (2005). Zur Entwicklung und Genese fachbezogener Selbstkonzepte: Effekte sozialer und dimensionaler Vergleiche. In B. Schenk (Hrsg.), *Studien zur Bildungsgangforschung: Bd. 6. Bausteine einer Bildungsgangtheorie* (1. Aufl., S. 223–238). VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-322-80754-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-322-80754-0_12)
- Möller, J., & Köller, O. (2004). Die Genese akademischer Selbstkonzepte. *Psychologische Rundschau*, 55(1), 19–27. <https://doi.org/10.1026/0033-3042.55.1.19>
- Möller, J., & Trautwein, U. (2015). Selbstkonzept. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Pädagogische Psychologie* (S. 177–199). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2_8)
- Möller, J., Zitzmann, S., Helm, F., Machts, N., & Wolff, F. (2020). A meta-analysis of relations between achievement and self-concept. *Review of Educational Research*, 90(3), 376–419. <https://doi.org/10.3102/0034654320919354>
- Möller, K. (2014). Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht: Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 33–43. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0010-8>
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (Hrsg.). (2012). *Springer-Lehrbuch. Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4>
- Morin, A. (2017). Toward a glossary of self-related terms. *Frontiers in Psychology*, 8, 280. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00280>
- Mortimer, J.T., Finch, M.D., & Kumka, D. (1982). Persistence and change in development: The multidimensional self-concept. In P.B. Baltes & O.G. Brim (Hrsg.), *Life-span development and behavior* (Bd. 4, S. 263–313). Academic Press.
- Moschner, B., & Dickhäuser, O. (2018). Selbstkonzept. In D.H. Rost, J.R. Sparfeldt & S. Buch (Hrsg.), *Handwörterbuch pädagogische Psychologie* (5. Aufl.). Beltz.
- Müller, M., & Schumann, S. (Hrsg.). (2020). *Technische Bildung. Stimmen aus Forschung, Lehre und Praxis*. Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830992905>

- Murphy, P., & Whitelegg, E. (2006). *Girls in the physics classroom: A review of the research on the participation of girls in physics*. London, UK. Institute of Physics.
- Naylor, S., & Keogh, B. (2013). Concept cartoons: What have we learnt? *Journal of Turkish Science Education*, 10(1), 3–11.
- Niedenthal, P.M., Cantor, N., & Kihlstrom, J.F. (1985). Prototype matching: A strategy for social decision making. *Journal of personality and social psychology*, 48(3), 575–584. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.48.3.575>
- OECD (Hrsg.). (2016). *PISA 2015 Ergebnisse (Band I): Exzellenz und Chancengerechtigkeit in der Bildung*. W. Bertelsmann. <https://doi.org/10.1787/19963793>
- OECD (Hrsg.). (2019a). *PISA 2018 results (Volume II): Where all students can succeed*. PISA, OECD. <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>
- OECD (Hrsg.). (2019b). *PISA 2018 results (Volume III): What school life means for students' lives*. PISA, OECD. <https://doi.org/10.1787/acd78851-en>
- Olszewski, J. (2010). *The impact of physics teachers' pedagogical content knowledge on teacher actions and student outcomes*. Dissertation. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 109*. Logos.
- Orcan, F. (2013). *Use of item parceling in structural equation modeling with missing data*. [http://purl.flvc.org/fsu/fd/FSU\\_migr\\_etd-8617](http://purl.flvc.org/fsu/fd/FSU_migr_etd-8617)
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Ow, A. von & Husfeldt, V. (2011). *Geschlechterdifferenzen und schulische Leistungen: Eine Übersicht zum Forschungsstand im Auftrag der Stabsstelle Gleichstellung der PH FHNW*. Aarau. Institut Forschung und Entwicklung, Zentrum Bildungsorganisation und Schulqualität.
- Paas, F.G.W.C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429–434. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.4.429>
- Pädagogische Hochschule Luzern. (2021). *Tätigkeitsbericht 2020: Zahlen und Fakten*. Luzern. <https://www.phlu.ch/ueber-uns/hochschule/taetigkeitsbericht/taetigkeitsbericht-2020/zahlen-und-fakten.html>
- Papanastasiou, C., & Papanastasiou, E. C. (2004). Major influences on attitudes toward science. *Educational Research and Evaluation*, 10(3), 239–257. <https://doi.org/10.1076/edre.10.3.239.30267>
- Parchmann, I., & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer.
- Parchmann, I., Ralle, B., & Di Fuccia, D. (2008). Entwicklung und Struktur der Unterrichtskonzeption Chemie im Kontext. In R. Demuth, C. Gräsel, I. Parch-

- mann & B. Ralle (Hrsg.), *Chemie im Kontext – Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts* (S. 9–48). Waxmann.
- Park, B., Flowerday, T., & Brünken, R. (2015). Cognitive and affective effects of seductive details in multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, *44*, 267–278. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.061>
- Paulick, I., Großschedl, J., Harms, U., & Möller, J. (2016). Preservice teachers' professional knowledge and its relation to academic self-concept. *Journal of Teacher Education*, *67*(3), 173–182. <https://doi.org/10.1177/0022487116639263>
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessesfördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe* [Dissertation]. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Pawek, C. (2019). 20 Jahre Schülerlabore an Hochschulen und anderen Einrichtungen: Eine wissenschaftlich fundierte Erfolgsgeschichte. In C. Driesen & A. Ittel (Hrsg.), *Der Übergang in die Hochschule: Strategien, Organisationsstrukturen und Best Practices an deutschen Hochschulen* (S. 143–157). Waxmann; EBSCO Industries Inc.
- Peiffer, H., Ellwart, T., & Preckel, F. (2020). Ability self-concept and self-efficacy in higher education: An empirical differentiation based on their factorial structure. *PLoS ONE*, *15*(7), e0234604. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234604>
- Pell, T., & Jarvis, T. (2001). Developing attitude to science scales for use with children of ages from five to eleven years. *International Journal of Science Education*, *23*(8), 847–862. <https://doi.org/10.1080/09500690010016111>
- Peters, L., Fahrendorff, N., Debye, D., & Alt, D. (2018). Nutzung von Robotern im Informatikunterricht – ein Lösungsvorschlag. In Gesellschaft für Informatik e.V. (Hrsg.), *SKILL 2018 – Studierendenkonferenz Informatik* (S. 19–130).
- Pilot, A., & Bulte, A. M. W. (2006). Why do you “need to know”? Context-based education. *International Journal of Science Education*, *28*(9), 953–956. <https://doi.org/10.1080/09500690600702462>
- Podschuweit, S., & Bernholt, S. (2018). Composition-Effects of context-based learning opportunities on students' understanding of energy. *Research in Science Education*, *48*(4), 717–752. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9585-z>
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, *50*(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Potvin, P., Hasni, A., Sy, O., & Riopel, M. (2020). Two crucial years of science and technology schooling: A longitudinal study of the major influences on and interactions between self-concept, interest, and the intention to pursue S&T. *Research in Science Education*, *50*(5), 1739–1761. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9751-6>

- Preacher, K.J., & Hayes, A.F. (2004). SPSS and SAS procedures for estimating indirect effects in simple mediation models. *Behavior research methods, instruments, & computers: A journal of the Psychonomic Society, Inc*, 36(4), 717–731. <https://doi.org/10.3758/BF03206553>
- Priemer, B. (2020). Ein kurzer Überblick über den Stand der fachdidaktischen Forschung der MINT-Fächer an Lehr-Lern-Laboren. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 159–172). Springer.
- Priemer, B., Menzl, C., Hagos, F., Musold, W., & Schulz, J. (2018). Das situationale epistemische Interesse an physikalischen Themen von Mädchen und Jungen nach dem Besuch eines Schülerlabors. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 279–285. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0073-z>
- Prins, G., Bulte, A.M.W., & Pilot, A. (2016). An activity-based instructional framework for transforming authentic modeling practices into meaningful contexts for learning in science education. *Science Education*, 100(6), 1092–1123. <https://doi.org/10.1002/sce.21247>
- Przybylla, M. (2018). *From embedded systems to physical computing: Challenges of the “digital world” in secondary computer science education* [Dissertation]. Universität Potsdam. [https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/41833/file/przybylla\\_diss.pdf](https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/41833/file/przybylla_diss.pdf)
- Putnick, D.L., & Bornstein, M.H. (2016). Measurement invariance conventions and reporting: The state of the art and future directions for psychological research. *Developmental Review*, 41, 71–90. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2016.06.004>
- The R Foundation. (2020). *R for Windows* (Version 3.6.3) [Computer software]. <https://www.r-project.org/>
- Rabe, T., & Krey, O. (2018). Identitätskonstruktionen von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf Physik – Das Identitätskonstrukt als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 201–216. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0083-x>
- Rani, G. (2006). A cross-domain analysis of change in students’ attitudes toward science and attitudes about the utility of science. *International Journal of Science Education*, 28(6), 571–589. <https://doi.org/10.1080/09500690500338755>
- Rehfeldt, D., Klempin, C., Brämer, M., Seibert, D., Rogge, I., Lücke, M., Sambanis, M., Nordmeier, V., & Köster, H. (2020). Empirische Forschung in Lehr-Lern-Labor-Seminaren – Ein Systematic Review zu Wirkungen des Lehrformats. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 34(3-4), 149–169. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000270>
- Rehfeldt, D., Seibert, D., Klempin, C., Lücke, M., Sambanis, M., & Nordmeier, V. (2018). Mythos Praxis um jeden Preis? Die Wurzeln und Modellierung des Lehr-Lern-Labors. *die hochschullehre: interdisziplinäre Zeitschrift für Hochschule und Lehre*, 4, 90–114. <https://doi.org/10.17169/refubium-1702>



- Reid, N. (2006). Thoughts on attitude measurement. *Research in Science & Technological Education*, 24(1), 3–27. <https://doi.org/10.1080/02635140500485332>
- Reinhold, P. (2006). Elementarisierung und Didaktische Rekonstruktion. In H. Mikelskis (Hrsg.), *Physikdidaktik – Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 86–101). Cornelsen Scriptor.
- Resnick, M., Ocko, S., & Papert, S. (1988). LEGO, Logo, and design. *Children's Environments Quarterly*, 5(4), 14–18.
- Rheinberg, F. (1989). *Zweck und Tätigkeit*. Hogrefe.
- Rheinberg, F. (2008). *Motivation* (7. Aufl.). Kohlhammer.
- Rheinberg, F., & Wendland, M. (2002). Veränderung der Lernmotivation in Mathematik: Eine Komponentenanalyse auf der Sekundarstufe I: Beiheft: Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik* (45), 308–319.
- Ropohl, G. (2009). *Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik* (3., überarb. Aufl.). Universitätsverlag Karlsruhe.
- Rosenberg, M. (1965). *Society and the adolescent self-image*. Princeton Legacy Library. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt183pjjh>
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R package for structural equation modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1–36. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02>
- Rucker, D. D., Preacher, K. J., Tormala, Z. L., & Petty, R. E. (2011). Mediation analysis in social psychology: Current practices and new recommendations. *Social and Personality Psychology Compass*, 5(6), 359–371. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2011.00355.x>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Saß, S., & Kampa, N. (2019). Self-Concept profiles in lower secondary level: An explanation for gender differences in science course selection? *Frontiers in Psychology*, 10, Article 836. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00836>
- Savelsbergh, E. R., Prins, G. T., Rietbergen, C., Fechner, S., Vaessen, B. E., Draijer, J. M., & Bakker, A. (2016). Effects of innovative science and mathematics teaching on student attitudes and achievement: A meta-analytic study. *Educational Research Review*, 19, 158–172. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.07.003>
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer.
- Scherer, R. (2013). Further evidence on the structural relationship between academic self-concept and self-efficacy: On the effects of domain specificity. *Learning and Individual Differences*, 28, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.09.008>

- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research*, 8(2), 23–74.
- Schermelleh-Engel, K., & Werner, C. (2009). *Item Parceling: Bildung von Testteilen oder Item-Paekchen*. Goethe-Universität, Frankfurt. [https://www.psychologie.uzh.ch/dam/jcr:ffffff-b371-2797-0000-00000ed9f491/item\\_parceling.pdf](https://www.psychologie.uzh.ch/dam/jcr:ffffff-b371-2797-0000-00000ed9f491/item_parceling.pdf)
- Schiefele, U. (1991). Interest, learning, and motivation. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 299–323. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653136>
- Schiefele, U. (2009). Motivation. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Pädagogische Psychologie* (S. 151–177). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-88573-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-540-88573-3_7)
- Schiefele, U., Krapp, A., & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 225(2), 120–148.
- Schilling, S.R., Sparfeldt, J.R., & Rost, D.H. (2006). Facetten schulischen Selbstkonzepts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(1/2), 9–18. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.20.12.9>
- Schmader, T. (2002). Gender Identification Moderates Stereotype Threat Effects on Women's Math Performance. *Journal of Experimental Social Psychology*, 38(2), 194–201. <https://doi.org/10.1006/jesp.2001.1500>
- Schmader, T., & Hall, W.M. (2014). Stereotype threat in school and at work. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 1(1), 30–37. <https://doi.org/10.1177/2372732214548861>
- Schmid, A.M., Rehm, M., & Brovelli, D. (2021). Innovative Kooperation mit Forschungsabteilungen aus Physik und Technik für das Lehramtsstudium – Kontextualisiertes Lernen anhand aktueller Forschungsprojekte. In M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold & N. Graulich (Hrsg.), *Lehrkräftebildung neu gedacht: Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken* (S. 102–107). Waxmann.
- Schmider, E., Ziegler, M., Danay, E., Beyer, L., & Bühner, M. (2010). Is it really robust? *Methodology*, 6(4), 147–151. <https://doi.org/10.1027/1614-2241/a000016>
- Schnabel, K., & Gruehn, S. (2000). Studienfachwünsche und Berufsorientierungen in der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R.H. Lehmann (Hrsg.), *Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie: Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn* (S. 405–444). Leske + Budric.
- Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (2003). Das Fähigkeitsselbstkonzept und seine Erfassung. In J. Stiensmeier-Pelster & F. Rheinberg (Hrsg.), *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept* (S. 3–14). Hogrefe.
- Schrader, F.-W., & Helmke, A. (2008). Determinanten der Schulleistung. In M.K. W. Schweer (Hrsg.), *Schule und Gesellschaft: Bd. 24. Lehrer-Schüler-Interak-*

- tion: *Inhaltsfelder, Forschungsperspektiven und methodische Zugänge* (2. Aufl., S. 285–302). Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-91104-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-531-91104-5_11)
- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2007). Science education and youth's identity construction: Two incompatible projects? In D. Corrigan (Ed.), *The re-emergence of values in science education* (pp. 231–247). Sense Publ. [https://doi.org/10.1163/9789087901677\\_020](https://doi.org/10.1163/9789087901677_020)
- Schulz, S., Berg, P., & Knobelsdorf, M. (2021). Der fachdidaktische Ansatz Physical Computing und sein Einfluss auf die Schülermotivation im Informatikunterricht der Sekundarstufe. In R. Lazarides & D. Raufelder (Hrsg.), *Springer eBook Collection: Bd. 10. Motivation in unterrichtlichen fachbezogenen Lehr-Lernkontexten: Perspektiven aus Pädagogik, Psychologie und Fachdidaktiken* (1. Aufl., S. 113–147). Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-31064-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-658-31064-6_5)
- Schumacher, R., Hänger, B., & Stern, E. (2019). Die Integration von technischen Themen in den naturwissenschaftlichen Unterricht am Beispiel der Geothermie. In A. F. Koch, S. Kruse & P. Labudde (Hrsg.), *Zur Bedeutung der Technischen Bildung in Fächerverbänden: Multiperspektivische und interdisziplinäre Beiträge aus Europa* (S. 125–143). Springer Spektrum. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-25623-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-658-25623-4_10)
- Schüttler, T., Watzka, B., Girwidz, R., & Ertl, B. (2021). Die Wirkung der Authentizität von Lernort und Laborgeräten auf das situationale Interesse und die Relevanzwahrnehmung beim Besuch eines naturwissenschaftlichen Schülerlabors. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27(1), 109–125. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00128-z>
- Schwamborn, A., Thillmann, H., Opfermann, M., & Leutner, D. (2011). Cognitive load and instructionally supported learning with provided and learner-generated visualizations. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.028>
- Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (Hrsg.). (2011, 16. Juni). *Nationale Bildungsziele der EDK*. <https://www.edk.ch/de/themen/harmos/nationale-bildungsziele>
- Sevian, H., Dori, Y.J., & Parchmann, I. (2018). How does STEM context-based learning work: What we know and what we still do not know. *International Journal of Science Education*, 40(10), 1095–1107. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470346>
- Shavelson, R.J., Hubner, J.J., & Stanton, G.C. (1976). Self-Concept: Validation of construct interpretations. *Review of Educational Research*, 46(3), 407–441. <https://doi.org/10.3102/00346543046003407>
- Sheldrake, R., Mujtaba, T., & Reiss, M.J. (2019). Students' changing attitudes and aspirations towards physics during secondary school. *Research in Science Education*, 49(6), 1809–1834. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9676-5>

- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Simpson, R. D., & Steve Oliver, J. (1990). A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, 74(1), 1–18. <https://doi.org/10.1002/sce.3730740102>
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2019). *ROSE (The Relevance of Science Education). The development, key findings and impacts of an international low cost comparative project: Final report, Part 1 (of 2)*. Oslo.
- Skaalvik, E. M., & Skaalvik, S. (2006). Self-concept and self-efficacy in mathematics: Relation with mathematics motivation and achievement. In S. Barab, K. Hay, & D. Hickey (Hrsg.), *ICLS '06: Proceedings of the 7th international conference on Learning sciences* (S. 709–715). International Society of the Learning Sciences.
- Steenkamp, J.-B.E.M., & Baumgartner, H. (1998). Assessing measurement invariance in cross-national consumer research. *Journal of Consumer Research*, 25(1), 78–107. <https://doi.org/10.1086/209528>
- Stoet, G., & Geary, D. C. (2018). The gender-equality paradox in science, technology, engineering, and mathematics education. *Psychological science*, 29(4), 581–593. <https://doi.org/10.1177/0956797617741719>
- Stokking, K. M. (2000). Predicting the choice of physics in secondary education. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1261–1283. <https://doi.org/10.1080/095006900750036253>
- Sumfleth, E., & Wild, E. (2005). *Schulische und familiale Bedingungen des Lernens und der Lernmotivation im Fach Chemie: Evaluation eines integrierten Interventionskonzeptes zur Säure-Base-Thematik* [Abschlussbericht des DFG-Projektes]. Universität Bielefeld.
- Svenningsson, J., Höst, G., Hultén, M., & Hallström, J. (2022). Students' attitudes toward technology: Exploring the relationship among affective, cognitive and behavioral components of the attitude construct. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 1531–1551. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09657-7>
- Svenningsson, J., Hultén, M., & Hallström, J. (2018). Understanding attitude measurement: Exploring meaning and use of the PATT short questionnaire. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(1), 67–83. <https://doi.org/10.1007/s10798-016-9392-x>
- Taasoobshirazi, G., & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, 3(2), 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2008.01.002>
- Tardent Kuster, J. (2020). *Unterrichtsplanungen von angehenden Lehrpersonen zum experimentellen Handeln: Eine videografiegestützte Analyse von Unterrichtsplanungen* [Dissertation]. Pädagogische Hochschule Heidelberg. <https://opus.ph-heidelberg.de/frontdoor/index/index/docId/353>

- Terhart, E. (2011). Lehrerberuf und Professionalität. Gewandeltes Begriffsverständnis – neue Herausforderungen. *Zeitschrift für Pädagogik* (57), 202–224.
- Trautwein, U., & Baeriswyl, F. (2007). Wenn leistungsstarke Klassenkameraden ein Nachteil sind. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 21(2), 119–133. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.21.2.119>
- Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2006). Self-esteem, academic self-concept, and achievement: How the learning environment moderates the dynamics of self-concept. *Journal of personality and social psychology*, 90(2), 334–349. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.90.2.334>
- Uerz, D., Dekkers, H., & Béguin, A. A. (2004). Mathematics and language skills and the choice of science subjects in secondary education. *Educational Research and Evaluation*, 10(2), 163–182. <https://doi.org/10.1076/edre.10.2.163.27908>
- Ültay, E. (2017). Examination of context-based problem-solving abilities of pre-service physics teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 16(1), 113–122. <https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.113>
- Ültay, N., & Çalık, M. (2012). A thematic review of studies into the effectiveness of context-based chemistry curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 686–701. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9357-5>
- Urban, D., & Mayerl, J. (2014). *Strukturgleichungsmodellierung: Ein Ratgeber für die Praxis* (1. Aufl.). Springer VS.
- Valentine, J. C., DuBois, D. L., & Cooper, H. (2004). The relation between self-beliefs and academic achievement: A meta-analytic review. *Educational Psychologist*, 39(2), 111–133. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep3902\\_3](https://doi.org/10.1207/s15326985ep3902_3)
- van Aalderen-Smeets, S. I., van der Walma Molen, J. H., & Asma, L. J. F. (2012). Primary teachers' attitudes toward science: A new theoretical framework. *Science Education*, 96(1), 158–182. <https://doi.org/10.1002/sc.20467>
- van Oers, B. (1998). From context to contextualizing. *Learning and Instruction*, 8(6), 473–488. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(98\)00031-0](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(98)00031-0)
- van Vorst, H. (2013). *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie*. Dissertation. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 145*. Logos.
- van Vorst, H., & Aydogmus, H. (2021). One context fits all? – analysing students' context choice and their reasons for choosing a context-based task in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 43(8), 1250–1272. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1908640>
- van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H., & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 29–39. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0021-5>

- van Vorst, H., Fechner, S., & Sumfleth, E. (2018). Unterscheidung von Kontexten für den Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 167–181. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0081-z>
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagebau e.V. (Hrsg.). (2019). *Technikunterricht in Deutschland: Eine Analyse und Bewertung von Technik in den Curricula allgemeinbildender Schulen*. Frankfurt am Main. [https://www.vdma.org/c/document\\_library/get\\_file?uuid=b6a1afa7-1dfa-c49f-8bc3-75e82b7bc580&groupId=34570](https://www.vdma.org/c/document_library/get_file?uuid=b6a1afa7-1dfa-c49f-8bc3-75e82b7bc580&groupId=34570)
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2007). *Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss*. VDI. [https://www.edugroup.at/fileadmin/DAM/eduhi/data\\_inhalt\\_eduhiatdl/Bildungsstandards\\_VDI\\_Technik\\_Sek\\_I\\_2007.pdf](https://www.edugroup.at/fileadmin/DAM/eduhi/data_inhalt_eduhiatdl/Bildungsstandards_VDI_Technik_Sek_I_2007.pdf)
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2012). *Positionspapier: Technische Allgemeinbildung stärkt den Standort Deutschland*. VDI. [https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi\\_de/redakteure/netzwerke\\_aktivitaeten/dateien/Positionspapier-Technische-Allgemeinbildung.pdf](https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi_de/redakteure/netzwerke_aktivitaeten/dateien/Positionspapier-Technische-Allgemeinbildung.pdf)
- Voss, T., & Kunter, M. (2020). “Reality Shock” of beginning teachers? Changes in teacher candidates’ emotional exhaustion and constructivist-oriented beliefs. *Journal of Teacher Education*, 71(3), 292–306. <https://doi.org/10.1177/0022487119839700>
- Wang, M.-T., & Degol, J. (2013). Motivational pathways to STEM career choices: Using expectancy-value perspective to understand individual and gender differences in STEM fields. *Developmental Review*, 33(4), 304–340. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2013.08.001>
- Wang, M.-T., & Eccles, J.S. (2013). School context, achievement motivation, and academic engagement: A longitudinal study of school engagement using a multidimensional perspective. *Learning and Instruction*, 28, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.04.002>
- Wänke, M., & Bohner, G. (2006). Einstellungen. In H.-W. Bierhoff & D. Frey (Hrsg.), *Handbuch der Sozialpsychologie und Kommunikationspsychologie* (3. Aufl., S. 404–414). Hogrefe.
- Watt, H. M. G. (2016). Gender and motivation. In K. R. Wentzel & D. B. Miele (Eds.), *Educational psychology handbook series. Handbook of motivation at school* (2nd ed., pp. 320–339). Routledge.
- Weiner, B. (2010). The development of an attribution-based theory of motivation: A history of ideas. *Educational Psychologist*, 45(1), 28–36. <https://doi.org/10.1080/00461520903433596>
- Weiss, L., & Müller, A. (2015). The notion of authenticity in the PISA units in physical science: An empirical analysis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 87–97. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0025-9>
- Wentorf, W., Höffler, T.N., & Parchmann, I. (2017). Welche Vorstellungen, Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen zu naturwissenschaftlichen Tätig-

- keiten weisen Studierende der Naturwissenschaften auf? *CHEMKON*, 24(3), 111–118. <https://doi.org/10.1002/ckon.201710302>
- Wigfield, A., Eccles, J.S., Yoon, K.S., Harold, R.D., Arbreton, A.J.A., Freedman-Doan, C., & Blumenfeld, P.C. (1997). Change in children's competence beliefs and subjective task values across the elementary school years: A 3-year study. *Journal of Educational Psychology*, 89(3), 451–469. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.3.451>
- Wilhelm, M., & Brühwiler, C. (2016). Professionelle Kompetenzen für das Unterrichten interdisziplinärer Schulfächer: Desiderata in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 34(3), 284–293. <https://doi.org/10.25656/01:13925>
- Williams, L.A., & Kessler, R.R. (2000). All I really need to know about pair programming I learned in kindergarten. *Communications of the ACM*, 43(5), 108–114. <https://doi.org/10.1145/332833.332848>
- Wu, H., Guo, Y., Yang, Y., Le Zhao, & Guo, C. (2021). A Meta-analysis of the longitudinal relationship between academic self-concept and academic achievement. *Educational Psychology Review*, 33(4), 1749–1778. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09600-1>
- Wulff, P., Hazari, Z., Petersen, S., & Neumann, K. (2018). Engaging young women in physics: An intervention to support young women's physics identity development. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), 20113. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020113>
- Yap, B.W., & Sim, C.H. (2011). Comparisons of various types of normality tests. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 81(12), 2141–2155. <https://doi.org/10.1080/00949655.2010.520163>
- Zhao, X., Lynch, J.G., & Chen, Q. (2010). Reconsidering Baron and Kenny: myths and truths about mediation analysis. *Journal of Consumer Research*, 37(2), 197–206. <https://doi.org/10.1086/651257>
- Ziegler, A., Reutlinger, M., & Hering, E. M. (2012). Soziotope als konstitutive Rahmenbedingungen der MINT-Förderung von Mädchen und Frauen. In H. Stöger, A. Ziegler & M. Heilemann (Hrsg.), *Lehr-Lern-Forschung: Bd. 1. Mädchen und Frauen in MINT: Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten* (S. 229–247). Lit.
- Ziegler, A., & Schober, B. (2001). *Theoretische Grundlagen und praktische Anwendung von Reattributionstrainings. Theorie und Forschung Pädagogik: Bd. 55.* Roderer.





# Anhang: Zusatzunterlagen Teilstudien I & II

## A-1 Projektbeschreibungen der Teilstudie I

### Beschreibung Forschungsprojekt 1

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

#### Energy-Harvesting

##### Projektbeschreibung

Microcontroller sind Computer, welche so stark verkleinert sind, dass sie auf einen einzigen Silizium-Chip von der Größe eines kleinen Fingernagels passen. Sie enthalten nicht-flüchtigen Speicher für Programme (ähnlich einer SSD oder Harddisk), schnellen Arbeitsspeicher und einen Prozessor.

Durch die extreme Miniaturisierung sind Microcontroller so günstig geworden, dass sie heutzutage in viele Dinge eingebaut werden, um diese „intelligent“ und vernetzbar zu machen (Internet of Things). Beispiele sind alle Arten von Fernbedienungen, dimmbare Glühbirnen, welche die Farbe wechseln können, Küchenwaagen mit Tara-Funktion und überhaupt alle Geräte, welche mit dem WLAN verbunden werden können.

Um zu funktionieren, brauchen diese Microcontroller elektrische Energie. Bei vielen neuen Aufgaben steht kein Stromanschluss zur Verfügung und es soll auch keine Batterie eingebaut werden. Dann muss die Energie lokal erzeugt werden, was man Energy-Harvesting nennt.

Das Kompetenzzentrum Electronics (CC Electronics) beschäftigt sich in mehreren Projekten mit dem Energy-Harvesting. Bei einem Projekt soll viel Energie eingespart werden, indem Eisenbahnweichen an verschiedenen Stellen mit Sensoren überwacht werden, um die Heizung im Winter nicht so oft anstellen zu müssen.



Abbildung 1: Weichenheizung, Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Weichenheizung>



Abbildung 2: Thermosensor, Quelle: <https://komtra.de/media/images/org/59176.JPG>

Ein anderes Projekt wird die Energie beim Bremsen eines Fahrrads ernten, um einen Bordcomputer zu versorgen.

#### Projektmitarbeitende

Fabian Widmer  
BSc ET  
Wissenschaftlicher  
Assistent  
Institut für Elektro-  
technik  
CC Electronics



Weitere Informationen: <https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/ueber-uns/medien/magazin/archiv/2016/02/15/freie-bahn-fuer-effizienz/> [Version 24.02.2021]

## Beschreibung Forschungsprojekt 2

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

### Latentspeicher für Heiz- und Kühlanwendungen

#### Projektbeschreibung

Latentspeicher nutzen den Phasenübergang des Speichermaterials von fest zu flüssig, um Energie in einem sehr engen Temperaturintervall zu speichern. Die eingesetzten Materialien werden als Phasenwechselmaterialien (PCM) bezeichnet. Da die Wärme so zu- oder abgeführt werden kann, ohne dass sich die Temperatur des Speichers markant ändert, wird thermische Energie kompakt gespeichert. In Latentspeichern kann in einem engen Temperaturintervall daher signifikant mehr thermische Energie pro Volumen gespeichert werden, als mit einem herkömmlichen Wasserspeicher.

Das Unternehmen FAFCO S.A. mit Sitz in Biel entwickelt und vermarktet thermische Latentspeicher, welche mit Eis betrieben werden seit mehr als 20 Jahren. Das etablierte Speichersystem wird vor allem in der Gebäudekühlung und in industriellen Prozessen eingesetzt. Für viele Anwendungen ist die Speichertemperatur von 0°C, welche durch das Eissystem vorgegeben ist, unnötig tief. Höhere Speichertemperaturen im Bereich von 10°C für die Gebäudekühlung und im Bereich von 50°C für die Gebäudeheizung würden einen effizienteren Betrieb erlauben. In einem Forschungsprojekt mit dem Kompetenzzentrum Thermische Energiesysteme (CC TES) der Hochschule Luzern werden neue Latentspeicherkonzepte erarbeitet, welche es erlauben, thermische Energie auf den genannten Temperaturniveaus zu speichern.



Abbildung 1: Testspeicher zur Materialcharakterisierung (10 Liter Inhalt)



Abbildung 2: Latentspeicher mit 500 Liter PCM Inhalt (Prototyp des realen Speichersystems)

Zu Beginn der Projektlaufzeit von 42 Monaten wurden innerhalb einer intensiven Recherche und Auswahlarbeit aus zunächst über 200 Materialien 32 potentielle PCM identifiziert und im thermischen Labor der Hochschule Luzern analysiert. In einer engen Auswahl an Materialien wurden in Zyklentests tiefgehende Untersuchungen zu Materialverträglichkeiten, Langzeitzyklenstabilitäten und Kinetik/Keimbildnern untersucht. Für die makroskopische Charakterisierung der PCM wurden zwei, auf das Projekt spezialisierte, 10 Liter und 520 Liter Prototypspeicher angefertigt. Anhand dieser Prototypspeicher konnte das parallel entwickelte Berechnungsmodell zur Auslegung der Latentspeicher erfolgreich validiert werden. Der 500 Liter Prototyp wurde so aufgebaut, dass die Ergebnisse in der nachfolgenden Umsetzungsphase auf beliebige

Baugrößen skalierbar waren. Ein erster Speicher mit 5m<sup>3</sup> wurde abschließend gebaut und wird derzeit in Betrieb genommen.

#### Projektmitarbeitende

Benjamin Schroeteler  
MSc in Engineering  
Projektleiter  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter CC TES



Sebastian Ammann  
MSc in Engineering  
Projektleiter  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter CC TES



Weitere Informationen: <https://www.hslu.ch/de-ch/technik-architektur/forschung/kompetenzzentren/thermische-energie-speicher/cctevt-latentwaermespeicher/> [Version 24.02.2021]

## Beschreibung Forschungsprojekt 3

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

### Werkstoffprüfung in kleinen Dimensionen

#### Projektbeschreibung

Viele Maschinen und Bauwerke sind im Alltag hoch belastet. Ingenieure berechnen die Bauteile und Komponenten mit aufwändigen Formeln und Programmen. Um die Sicherheit der Konstruktionen zu garantieren, muss bekannt sei, wie viel die eingesetzten Materialien aushalten können, ohne zu brechen. Das wichtigste Experiment zur Bestimmung der Festigkeit von Metallen, Kunststoffen, Verbundwerkstoffen etc. ist der Zugversuch: eine Probe aus dem betreffenden Material wird in die Länge gezogen bis sie bricht. Dabei werden gleichzeitig die Kraft und die Verlängerung der Probe gemessen. Die Kräfte werden bei der Auswertung auf den Ausgangsquerschnitt bezogen, man erhält so Spannungen. In gleicher Weise wird die Verlängerung auf die Ausgangslänge der Probe bezogen, was die prozentuale Verlängerung oder die Dehnung ergibt. Das Ergebnis aller Bemühungen ist schließlich das Spannungs-Dehnungs-Diagramm, aus dem sich ablesen lässt, wie hoch die innere Spannung im Material (englisch "stress") maximal sein darf, und wie viele Prozent sich ein Material dehnen lässt, bevor es endgültig bricht.

Solche Versuche werden seit rund 150 Jahren durchgeführt und für viele Materialien sind die Kennwerte in Normen und Richtlinien tabelliert. Trotzdem müssen diese Werte immer wieder bestimmt und bestätigt werden. Im laufenden Forschungsprojekt werden Materialproben geprüft, welche mit dem neuen additiven Fertigungsverfahren hergestellt werden. Um auch für dieses Fertigungsverfahren abhängige Kennwerte zu tabellieren.



Abbildung 1: Beispiel Zugproben "Mikro" und "Standard", ganz und zerrissen

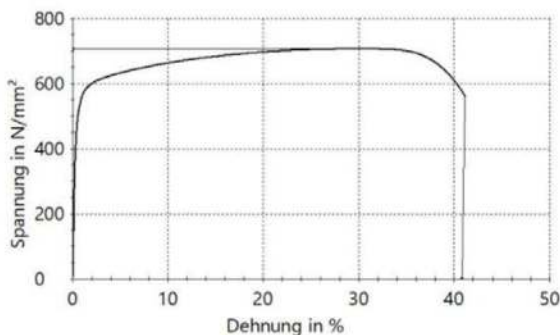


Abbildung 2: Beispiel Spannungs-Dehnungs-Diagramm



Abbildung 3: An der Hochschule Luzern entwickelte Klemmvorrichtung für Mikroproben. Die vom Messlaser rot ausgeleuchtete Probe weist eine Breite von 1 mm auf.

#### Projektmitarbeitende

Robert Eberli  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter CC MS



Weitere Informationen:

<https://www.hslu.ch/de-ch/technik-architektur/forschung/kompetenzzentren/mechanische-systeme/werkstoffpruefung/> [Version 24.02.2021]

## Beschreibung Forschungsprojekt 4

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

### Licht-Dosimeter zum Messen der Lichtintensität

#### Projektbeschreibung

Um diverse Aspekte von Lichtwirkung, welche ein fundamentaler Einfluss auf die menschliche Gesundheit hat, zu erforschen, werden entsprechende Messmittel benötigt.

Das Lichtdosimeter ist ein Instrument zum Messen der Lichtintensität diverser Wellenlängen über einen längeren Zeitraum. Es wird untersucht, wie sich Licht oder spektrale Anteile davon auf den Melatoninspiegel des menschlichen Körpers auswirken. Ein wichtiger Punkt ist dabei ebenfalls die Wirkung von künstlichem Licht und deren Einfluss auf den Tag-/Nachtzyklus des Menschen.

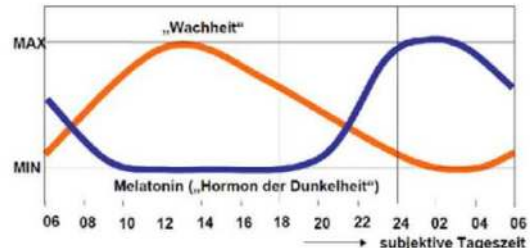


Abbildung 1: Melatoninspiegel, Quelle: DIN, 2007

Empfänger	6-Kanal Farbsensor Mazet MMCS6CS
Messbereich	1 ~ 150'000 lx
Genauigkeit	Ev kalibriert auf 8237 lx (Weiße LED-Kalibriernormal)
Akkutyp	LiPo 280mAh
Akkulaufzeit	16 Tage (Messintervall 1 Sek.)
Ladezeit	2.5 Stunden (mit Anzeige)
Speicher	512 MB Micro SD-Card (Einschub)
Speicherbedarf	240 KB pro Tag (Messintervall 10 Sek.)
Umgebung	0 ... +50 °C / max. 65% r.F.
Gewicht	50g

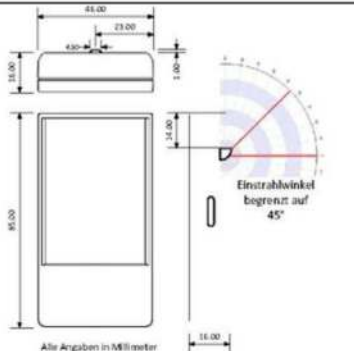


Abbildung 2: Konstruktion Lichtdosimeter



Abbildung 3: Lichtdosimeter, Variante für Brusttasche



Abbildung 4: Lichtdosimeter, Variante mit Halsband

#### Versuch:

Das Lichtdosimeter wird am Körper getragen und zeichnet die gemessene Lichtintensität über mehrere Tage auf. Dabei soll der normale Tagesablauf der Testpersonen analysiert werden. Es werden Stichproben des Spektrums aufgezeichnet und damit die Intensität in Lux und die für den Melatoninspiegel relevanten Informationen sowie die Menge des sogenannten zirkadianen (Tageszeiten angepassten) Lichts extrahiert.

#### Forschungsaspekte:

- Lichtabhängigkeit Wach/Schlafrythmus
- Wirkung künstlichen Lichts
- Wirkung natürlichen Lichts
- Wirkung elektronischer Geräte, TV, Mobile

Weitere Informationen: <https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/forschung/projekte/detail/?pid=4366>  
[Version 24.02.2021]

#### Projektmitarbeitende

Frederik Imhof  
Assistent und  
MSE Student  
CC Electronics



# Beschreibung Forschungsprojekt 5

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

## Messung von Schalleistungspegel-Werten

### Projektbeschreibung

Haarföhne verursachen Geräusche. Hersteller benötigen für die Geräuschangaben auf ihren Prospekten die, von einer anerkannten (akkreditierten) Prüfstelle, gemessenen Schalleistungspegelwerte. Die Fachpersonen der akkreditierten Prüfstelle Gebäudetechnik prüfen Lüftungsgeräte und ihre Komponenten (Schalldämpfer, Lüftungsklappen, Ventilatoren, Luftdurchlässe). Dabei werden die Schallabstrahlung und -dämpfung und das Strömungsrauschen untersucht. Der eigene Schallmessprüfstand besteht aus zwei Räumen, einem Sende- und einem Empfangsraum. Die beiden Räume sind durch einen Luftkanal mit Ventilator und Schalldämpfer verbunden. Diese Eigenheit erlaubt es, im Gegensatz zu geschlossenen Schallmessräumen, auch Schallmessungen an Lüftungssystemen und -Komponenten mit Luftströmungen durchzuführen, da die Luft – schalltechnisch gedämmt – zirkulieren kann.



Abbildung 1: Ansicht Haarföhn

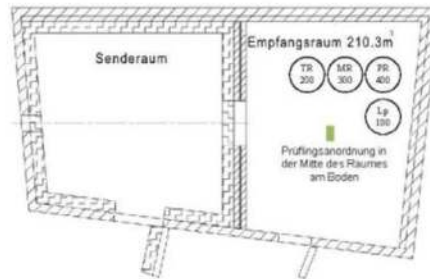


Abbildung 2: Messanordnung im Schallmessraum an der Hochschule Luzern T&A

Die im Hallraum gemessenen Schalldruckpegelwerte und daraus berechneten Schalleistungspegelwerte sehen gemäß Abbildung 3 und 4 aus.

f	$L_{p(dB)}$	$L_{p(dB)}$	$K_1$	$L_{p(dB)}$	$L_{w(dB)}$
Hz	dB	dB	dB	dB	dB
50	13.3	37.7	0	57.3	27.1
63	8.2	31.1	0	49.8	23.5
80	13.8	32.7	0	47.7	25.3
100	6.0	35.4	0	49.4	30.3
125	6.2	34.5	0	48.0	29.9
160	9.8	37.0	0	47.2	33.8
200	5.5	40.5	0	49.0	38.1
250	8.9	45.2	0	52.8	44.2
315	1.0	44.3	0	51.0	44.4
400	9.8	48.3	0	53.8	48.8
500	9.4	53.1	0	57.4	54.2
630	1.8	57.1	0	59.9	58.0
800	-9.8	63.2	0	65.2	64.4
1000	-0.7	66.6	0	68.4	68.4
1250	2.4	63.5	0	65.5	66.1
1600	9.4	60.9	0	63.0	64.0
2000	1.8	59.7	0	62.3	63.5
2500	4.2	59.5	0	62.9	64.2
3150	4.6	55.8	0	60.2	61.4
4000	5.3	54.5	0	60.0	61.0
5000	8.5	52.2	0	58.9	59.4
6300	7.2	48.7	0	56.9	57.0
8000	9.9	44.8	0	54.9	53.8
10000	13.0	43.1	0	54.0	52.4
Total ab 50 Hz				74.2	74.2
Total ab 100 Hz				74.2	74.2

Abbildung 3: Schalleistungspegelwerte in Tabellenform

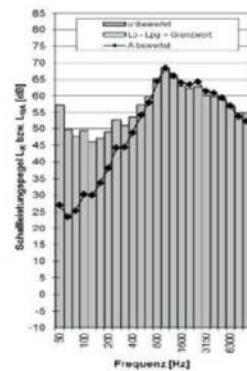


Abbildung 4: Schalleistungspegelwerte in Diagrammform

### Projektmitarbeitende

Erich Stauffer  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Institut für Gebäudetechnik  
und Energie (IGE)



Weitere Informationen:  
<https://www.hslu.ch/de-ch/technik-architektur/forschung/interdisziplinare-themenplattformen/themenplattform-akustik/akustik-dienstleistungen/#zwischenstillschallpegelmessungen>  
[Version 24.02.2021]

## Beschreibung Forschungsprojekt 6

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

### Licht für gesunde und produktive Arbeitsplätze

#### Projektbeschreibung

In den kommenden Jahren steht die Erneuerung der Beleuchtungsanlagen in verschiedenen Post-Verteilzentren der Schweiz bevor. Aufgrund der technischen Entwicklungen im Bereich der Lichterzeugung ist ein Wechsel von Leuchtstofflampen auf LED vorgesehen.



Abbildung 1: Handsortierung der Post

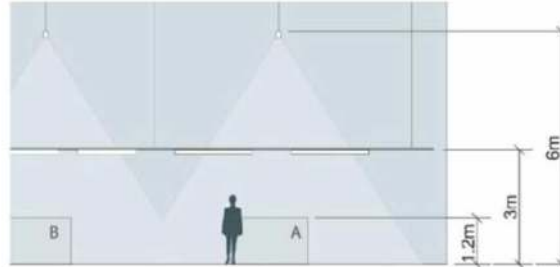


Abbildung 2: Schnitt mit Arbeitsbereichen und Beleuchtung

Dieser Prozess soll wissenschaftlich mit lichttechnischen Messungen und Befragungen der Mitarbeitenden begleitet werden. Ziel ist es, mögliche Veränderungen im Zusammenhang mit dem Wechsel von Leuchtstofflampen auf LED festzustellen. Untersucht werden die visuelle Wirkung des Lichts (Lichtqualität – genügend Licht für Sehaufgabe, Farbwiedergabe, Blendung etc.) und die biologische Wirkung (Einfluss auf Hormonhaushalt / Schlaf-Wach-Rhythmus).

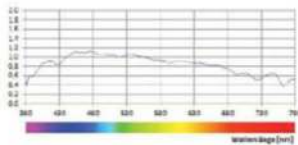


Abbildung 3: Spektrum Tageslicht

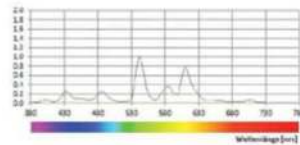


Abbildung 4: Spektrum Leuchtstofflampe

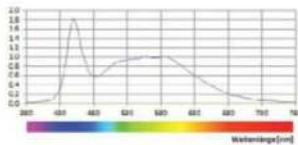


Abbildung 5: Spektrum kaltweiße LED

Der Fokus im Briefverteilzentrum Härkingen liegt bei der A-Post. Die A-Post wird am Abend mit der Bahn im Briefverteilzentrum angeliefert und in derselben Nacht für den Folgetag versandbereit sortiert und verpackt. Dieser Fokus auf die Nacht ist unbedingt zu berücksichtigen, um optimale Arbeitsbedingungen für die Mitarbeitenden zu schaffen.

#### Projektmitarbeitende

Prof. Björn Schrader  
Dipl. Ing. ET TU,  
Lichttechnik & Medien-  
technik,  
Hauptamtlicher Dozent,  
Leitung Licht@hslu



Janine Stampfli  
MSc Light & Lighting, MSc  
Business & Economics  
Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin  
Projektleiterin



Weitere Informationen: <https://www.hslu.ch/en/lucerne-university-of-applied-sciences-and-arts/research/projects/detail/?pid=4324> [Version 24.02.2021]

## A-2 Impressionen zum Modulablauf der Intervention Teilstudie I

Lehramtsstudierende lernen in Kleingruppen den forschungsprojektbasierten Lernkontext unter Anleitung der wissenschaftlichen Mitarbeitenden an der Hochschule Luzern Technik & Architektur kennen und erarbeiten im Anschluss eine Sachstruktur mit Lehrplanbezug (Abbildung 1–2):



Abbildung 1



Abbildung 2

Lehramtsstudierende präsentieren ihre 20-minütigen Unterrichtsminiaturen Schulklassen der Sekundarstufe 1 (8.–9. Schuljahr) in den Laboren der Hochschule Luzern Technik & Architektur (Abbildung 3–6):



Abbildung 3



Abbildung 4



Die Unterrichtsminiatur zur Raumakustik (Abbildung 3) startet mit der Frage: „Warum ist es schwieriger, jemanden im Hallenbad zu verstehen, als z. B. in einem Klassenzimmer?“ Anschließend werden im Hall-Raum und im Echofreien-Raum unterschiedliche Freihandexperimente (z. B. Nachhallzeit beim Ballonzerplatzen) durchgeführt. Eine Einführung zur Schallausbreitung als fortschreitende Verdichtung der Luft wird mithilfe von entsprechenden Modellen erklärt (z. B. große Spiralfeder, Magnete), danach die Eingangsfrage beantwortet. Zum Schluss wird Bezug auf die Forschung in den Akustikräumen genommen (Forschungsprojekt 5).

Die Unterrichtsminiatur (Abbildung 4) startet mit der Frage: „Warum kann man schlecht einschlafen, wenn man vor dem Einschlafen noch am Smartphone ist?“ Schüler\*innen untersuchen nach einer Einführung zu physikalischen Eigenschaften von Licht die Lichtspektren von unterschiedlichen Lichtquellen und vergleichen diese miteinander. Anschließend klären sie die Wirkung der unterschiedlichen Spektren auf den Tages- und Nachtrhythmus des Menschen und beantworten die Eingangsfrage. Zum Schluss wird Bezug auf die Forschung im Postverteilzentrum genommen (Forschungsprojekt 6).

Die Unterrichtsminiatur zur Werkstoffprüfung (Abbildung 5) startet mit der Frage: „Warum reißt das Seil nicht?“ Anschließend wird ein Freihandexperiment mit dem Zerreißen von Woll- und Packschnur durchgeführt. Der Mikrozugversuch wird ergänzend mit einer Probe der Packschnur aufgezeigt, das dazugehörige Spannungs-Dehnungs-Diagramm wird fachlich besprochen. Dies wird mit der Makrozugmaschine und einer Metallprobe wiederholt und die Eingangsfrage besprochen. Zum Schluss wird Bezug auf die Forschung der Werkstoffprüfung genommen und mit exemplarischen Beispielen anhand von Alltagsgegenständen besprochen, wo diese Kennzahlen für die Sicherheit wichtig sind (Forschungsprojekt 3).

Die Unterrichtsminiatur (Abbildung 6) startet mit den Fragen: „Wie wird eine Armbanduhr mit Energie versorgt und welche verschiedenen Möglichkeiten der Energieversorgung gibt es?“ Nach einer Einführung zum Begriff Energy Harvesting werden drei unterschiedliche Arten der Energieerzeugung bzw. -umwandlung (Piezoelement, Solarpanel, Elektro-

motor) getestet, die Funktionsweise geklärt und auf Vor- und Nachteile untersucht. Die Eingangsfrage wird danach geklärt. Zum Schluss wird Bezug auf die Forschung im Elektrolabor zu Energy Harvesting und Optimierungen von Alltagsgeräten genommen (Forschungsprojekt 1).



Abbildung 5



Abbildung 6

*Diese Fotos wurden im Rahmen der Pilotierung im Jahr 2017 erstellt. Die Bildrechte liegen bei der Hochschule und der Pädagogischen Hochschule Luzern.*

# A-3 Rückmelderaster der Teilstudie I



## SY13.03: Technik und Wissenschaft im öffentlichen Raum Präsentationen: Feedback Betreuende

Datum / Rückmeldung von: \_\_\_\_\_

Rückmeldung an (Gruppe, Kontext):

Kontext 1   
  Kontext 2   
  Kontext 3   
  Kontext 4   
  Kontext 5   
  Kontext 6

Inhalt / Substanz / Qualität / Vermittlung	++	+	✓	-	--
<b>Aufbau / Gliederung</b>					sprunghaft, unsystematisch zusammenhanglos, keine Differenzierung erkennbar oder möglich
<b>Qualität</b>					wenig Substanz, zusammenhanglos
<b>Quantität</b>					Präsentation zu kurz – zu lang, zu viele – zu wenige Informationen
<b>Sachwissen</b>					bei Nachfragen schnell, aus dem Konzept zu bringen, unsicher
<b>Lebensweltbezug</b>					kein Bezug zu der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler
<b>Schülerexperiment / -Versuch</b>					nicht durchführbar, keinen Mehrwert für den Lernprozess, unpassend zum Thema
<b>Präkonzepte</b>					keine oder nicht passende Präkonzepte in der Präsentation
<b>Gestik, Auftreten</b>					unsicher, übertrieben, gekünstelt
<b>Sprache (mündlich + schriftlich)</b>					komplizierter Satzbau, keine zielstufengerechten Erklärungen
<b>Medieneinsatz (analog / digital)</b>					nicht funktional, zu viel – zu wenig, Medien nicht aussagekräftig, Plakate zu unübersichtlich oder nicht lesbar
<b>Gesamteindruck</b>					wenig informativ, unübersichtlich, kompliziert

Persönliche Kommentare können auf der Rückseite ergänzt werden.

PHLU / sma

Bisher erschienene Bände der Reihe „*Studien zum Physik- und Chemielernen*“

ISSN 1614-8967 (vormals *Studien zum Physiklernen* ISSN 1435-5280)

- 1 Helmut Fischler, Jochen Peuckert (Hrsg.): Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie  
ISBN 978-3-89722-256-4 40.50 EUR
- 2 Anja Schoster: Bedeutungsentwicklungsprozesse beim Lösen algorithmischer Physikaufgaben. *Eine Fallstudie zu Lernprozessen von Schülern im Physikinachhilfeunterricht während der Bearbeitung algorithmischer Physikaufgaben*  
ISBN 978-3-89722-045-4 40.50 EUR
- 3 Claudia von Aufschnaiter: Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben  
ISBN 978-3-89722-143-7 40.50 EUR
- 4 Susanne Haeberlen: Lernprozesse im Unterricht mit Wasserstromkreisen. *Eine Fallstudie in der Sekundarstufe I*  
ISBN 978-3-89722-172-7 40.50 EUR
- 5 Kerstin Haller: Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen. *Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum*  
ISBN 978-3-89722-242-7 40.50 EUR
- 6 Michaela Horstendahl: Motivationale Orientierungen im Physikunterricht  
ISBN 978-3-89722-227-4 50.00 EUR
- 7 Stefan Deylitz: Lernergebnisse in der Quanten-Atomphysik. *Evaluation des Bremer Unterrichtskonzepts*  
ISBN 978-3-89722-291-5 40.50 EUR
- 8 Lorenz Hucke: Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums  
ISBN 978-3-89722-316-5 50.00 EUR
- 9 Heike Theyßen: Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. *Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*  
ISBN 978-3-89722-334-9 40.50 EUR
- 10 Annette Schick: Der Einfluß von Interesse und anderen selbstbezogenen Kognitionen auf Handlungen im Physikunterricht. *Fallstudien zu Interessenhandlungen im Physikunterricht*  
ISBN 978-3-89722-380-6 40.50 EUR
- 11 Roland Berger: Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik. *Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*  
ISBN 978-3-89722-445-2 40.50 EUR

- 12 Johannes Werner: Vom Licht zum Atom. *Ein Unterrichtskonzept zur Quantenphysik unter Nutzung des Zeigermodells*  
ISBN 978-3-89722-471-1 40.50 EUR
- 13 Florian Sander: Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. *Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum*  
ISBN 978-3-89722-482-7 40.50 EUR
- 14 Jörn Gerdes: Der Begriff der physikalischen Kompetenz. *Zur Validierung eines Konstruktes*  
ISBN 978-3-89722-510-7 40.50 EUR
- 15 Malte Meyer-Arndt: Interaktionen im Physikpraktikum zwischen Studierenden und Betreuern. *Feldstudie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen im physikalischen Praktikum*  
ISBN 978-3-89722-541-1 40.50 EUR
- 16 Dietmar Höttecke: Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. *Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*  
ISBN 978-3-89722-607-4 40.50 EUR
- 17 Gil Gabriel Mavanga: Entwicklung und Evaluation eines experimentell- und phänomenorientierten Optikcurriculums. *Untersuchung zu Schülervorstellungen in der Sekundarstufe I in Mosambik und Deutschland*  
ISBN 978-3-89722-721-7 40.50 EUR
- 18 Meike Ute Zastrow: Interaktive Experimentieranleitungen. *Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum*  
ISBN 978-3-89722-802-3 40.50 EUR
- 19 Gunnar Friege: Wissen und Problemlösen. *Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*  
ISBN 978-3-89722-809-2 40.50 EUR
- 20 Erich Starauschek: Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie*  
ISBN 978-3-89722-823-8 40.50 EUR
- 21 Roland Paatz: Charakteristika analogiebasierten Denkens. *Vergleich von Lernprozessen in Basis- und Zielbereich*  
ISBN 978-3-89722-944-0 40.50 EUR
- 22 Silke Mikelskis-Seifert: Die Entwicklung von Metakonzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern. *Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*  
ISBN 978-3-8325-0013-9 40.50 EUR
- 23 Brunhild Landwehr: Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. *Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen*  
ISBN 978-3-8325-0044-3 40.50 EUR

- 24 Lydia Murmann: Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. *Eine phänomenografische Untersuchung in der Primarstufe*  
ISBN 978-3-8325-0060-3 40.50 EUR
- 25 Thorsten Bell: Strukturprinzipien der Selbstregulation. *Komplexe Systeme, Elementarisierungen und Lernprozessstudien für den Unterricht der Sekundarstufe II*  
ISBN 978-3-8325-0134-1 40.50 EUR
- 26 Rainer Müller: Quantenphysik in der Schule  
ISBN 978-3-8325-0186-0 40.50 EUR
- 27 Jutta Roth: Bedeutungsentwicklungsprozesse von Physikerinnen und Physikern in den Dimensionen Komplexität, Zeit und Inhalt  
ISBN 978-3-8325-0183-9 40.50 EUR
- 28 Andreas Saniter: Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik  
ISBN 978-3-8325-0292-8 40.50 EUR
- 29 Thomas Weber: Kumulatives Lernen im Physikunterricht. *Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*  
ISBN 978-3-8325-0316-1 40.50 EUR
- 30 Markus Rehm: Über die Chancen und Grenzen moralischer Erziehung im naturwissenschaftlichen Unterricht  
ISBN 978-3-8325-0368-0 40.50 EUR
- 31 Marion Budde: Lernwirkungen in der Quanten-Atom-Physik. *Fallstudien über Resonanzen zwischen Lernangeboten und SchülerInnen-Vorstellungen*  
ISBN 978-3-8325-0483-0 40.50 EUR
- 32 Thomas Reyer: Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. *Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*  
ISBN 978-3-8325-0488-5 40.50 EUR
- 33 Christoph Thomas Müller: Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-0543-1 40.50 EUR
- 34 Gabriela Jonas-Ahrend: Physiklehrvorstellungen zum Experiment im Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-0576-9 40.50 EUR
- 35 Dimitrios Stavrou: Das Zusammenspiel von Zufall und Gesetzmäßigkeiten in der nicht-linearen Dynamik. *Didaktische Analyse und Lernprozesse*  
ISBN 978-3-8325-0609-4 40.50 EUR
- 36 Katrin Engeln: Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken  
ISBN 978-3-8325-0689-6 40.50 EUR
- 37 Susann Hartmann: Erklärungsvielfalt  
ISBN 978-3-8325-0730-5 40.50 EUR

- 38 Knut Neumann: Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker  
ISBN 978-3-8325-0762-6 40.50 EUR
- 39 Michael Späth: Kontextbedingungen für Physikunterricht an der Hauptschule. *Möglichkeiten und Ansatzpunkte für einen fachübergreifenden, handlungsorientierten und berufsorientierten Unterricht*  
ISBN 978-3-8325-0827-2 40.50 EUR
- 40 Jörg Hirsch: Interesse, Handlungen und situatives Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben  
ISBN 978-3-8325-0875-3 40.50 EUR
- 41 Monika Hüther: Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetz. *Eine Studie im Rahmen des Physikpraktikums für Studierende der Medizin*  
ISBN 978-3-8325-0911-8 40.50 EUR
- 42 Maike Tesch: Das Experiment im Physikunterricht. *Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*  
ISBN 978-3-8325-0975-0 40.50 EUR
- 43 Nina Nicolai: Skriptgeleitete Eltern-Kind-Interaktion bei Chemiehausaufgaben. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Säure-Base*  
ISBN 978-3-8325-1013-8 40.50 EUR
- 44 Antje Leisner: Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-1020-6 40.50 EUR
- 45 Stefan Rumann: Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik  
ISBN 978-3-8325-1027-5 40.50 EUR
- 46 Thomas Wilhelm: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung – mit CD-ROM  
ISBN 978-3-8325-1046-6 45.50 EUR
- 47 Andrea Maier-Richter: Computerunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen in der Chemie. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Löslichkeit*  
ISBN 978-3-8325-1046-6 40.50 EUR
- 48 Jochen Peuckert: Stabilität und Ausprägung kognitiver Strukturen zum Atombegriff  
ISBN 978-3-8325-1104-3 40.50 EUR
- 49 Maik Walpuski: Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback  
ISBN 978-3-8325-1184-5 40.50 EUR
- 50 Helmut Fischler, Christiane S. Reiners (Hrsg.): Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht  
ISBN 978-3-8325-1225-5 34.90 EUR
- 51 Claudia Eysel: Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung. *Eine empirische Studie zum Kompetenzerwerb in einer komplexen Lernumgebung*  
ISBN 978-3-8325-1238-5 40.50 EUR

- 52 Johannes Günther: Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. *Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften*  
ISBN 978-3-8325-1287-3 40.50 EUR
- 53 Christoph Neugebauer: Lernen mit Simulationen und der Einfluss auf das Problemlösen in der Physik  
ISBN 978-3-8325-1300-9 40.50 EUR
- 54 Andreas Schnirch: Gendergerechte Interessen- und Motivationsförderung im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung. *Konzeption, Entwicklung und Evaluation einer multimedial unterstützten Lernumgebung*  
ISBN 978-3-8325-1334-4 40.50 EUR
- 55 Hilde Köster: Freies Explorieren und Experimentieren. *Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*  
ISBN 978-3-8325-1348-1 40.50 EUR
- 56 Eva Heran-Dörr: Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften  
ISBN 978-3-8325-1377-1 40.50 EUR
- 57 Agnes Szabone Varnai: Unterstützung des Problemlösens in Physik durch den Einsatz von Simulationen und die Vorgabe eines strukturierten Kooperationsformats  
ISBN 978-3-8325-1403-7 40.50 EUR
- 58 Johannes Rethfeld: Aufgabenbasierte Lernprozesse in selbstorganisationsoffenem Unterricht der Sekundarstufe I zum Themengebiet ELEKTROSTATIK. *Eine Feldstudie in vier 10. Klassen zu einer kartenbasierten Lernumgebung mit Aufgaben aus der Elektrostatik*  
ISBN 978-3-8325-1416-7 40.50 EUR
- 59 Christian Henke: Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. *Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven*  
ISBN 978-3-8325-1515-7 40.50 EUR
- 60 Lutz Kasper: Diskursiv-narrative Elemente für den Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer multimedialen Lernumgebung zum Erdmagnetismus*  
ISBN 978-3-8325-1537-9 40.50 EUR
- 61 Thorid Rabe: Textgestaltung und Aufforderung zu Selbsterklärungen beim Physiklernen mit Multimedia  
ISBN 978-3-8325-1539-3 40.50 EUR
- 62 Ina Glemnitz: Vertikale Vernetzung im Chemieunterricht. *Ein Vergleich von traditionellem Unterricht mit Unterricht nach Chemie im Kontext*  
ISBN 978-3-8325-1628-4 40.50 EUR
- 63 Erik Einhaus: Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre. *Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen*  
ISBN 978-3-8325-1630-7 40.50 EUR



- 64 Jasmin Neuroth: Concept Mapping als Lernstrategie. *Eine Interventionsstudie zum Chemielernen aus Texten*  
ISBN 978-3-8325-1659-8 40.50 EUR
- 65 Hans Gerd Hegeler-Burkhart: Zur Kommunikation von Hauptschülerinnen und Hauptschülern in einem handlungsorientierten und fächerübergreifenden Unterricht mit physikalischen und technischen Inhalten  
ISBN 978-3-8325-1667-3 40.50 EUR
- 66 Karsten Rincke: Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. *Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*  
ISBN 978-3-8325-1699-4 40.50 EUR
- 67 Nina Strehle: Das Ion im Chemieunterricht. *Alternative Schülervorstellungen und curriculare Konsequenzen*  
ISBN 978-3-8325-1710-6 40.50 EUR
- 68 Martin Hopf: Problemorientierte Schülerexperimente  
ISBN 978-3-8325-1711-3 40.50 EUR
- 69 Anne Beerenwinkel: Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts  
ISBN 978-3-8325-1721-2 40.50 EUR
- 70 Roland Berger: Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II. *Eine empirische Untersuchung auf der Grundlage der Selbstbestimmungstheorie der Motivation*  
ISBN 978-3-8325-1732-8 40.50 EUR
- 71 Giuseppe Colicchia: Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie. *Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten*  
ISBN 978-3-8325-1746-5 40.50 EUR
- 72 Sandra Winheller: Geschlechtsspezifische Auswirkungen der Lehrer-Schüler-Interaktion im Chemieanfangsunterricht  
ISBN 978-3-8325-1757-1 40.50 EUR
- 73 Isabel Wahser: Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-1815-8 40.50 EUR
- 74 Claus Brell: Lernmedien und Lernerfolg - reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht. *Empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE*  
ISBN 978-3-8325-1829-5 40.50 EUR
- 75 Rainer Wackermann: Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer  
ISBN 978-3-8325-1882-0 40.50 EUR
- 76 Oliver Tepner: Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-1919-3 40.50 EUR

- 77 Claudia Geyer: Museums- und Science-Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive. *Die Sicht von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern*  
ISBN 978-3-8325-1922-3 40.50 EUR
- 78 Tobias Leonhard: Professionalisierung in der Lehrerbildung. *Eine explorative Studie zur Entwicklung professioneller Kompetenzen in der Lehrererstausbildung*  
ISBN 978-3-8325-1924-7 40.50 EUR
- 79 Alexander Kauertz: Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben  
ISBN 978-3-8325-1925-4 40.50 EUR
- 80 Regina Hübinger: Schüler auf Weltreise. *Entwicklung und Evaluation von Lehr-/Lernmaterialien zur Förderung experimentell-naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die Jahrgangsstufen 5 und 6*  
ISBN 978-3-8325-1932-2 40.50 EUR
- 81 Christine Waltner: Physik lernen im Deutschen Museum  
ISBN 978-3-8325-1933-9 40.50 EUR
- 82 Torsten Fischer: Handlungsmuster von Physiklehrkräften beim Einsatz neuer Medien. *Fallstudien zur Unterrichtspraxis*  
ISBN 978-3-8325-1948-3 42.00 EUR
- 83 Corinna Kieren: Chemiehausaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. *Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgabenformats im Themenbereich Säure-Base*  
978-3-8325-1975-9 37.00 EUR
- 84 Marco Thiele: Modelle der Thermohalinen Zirkulation im Unterricht. *Eine empirische Studie zur Förderung des Modellverständnisses*  
ISBN 978-3-8325-1982-7 40.50 EUR
- 85 Bernd Zinn: Physik lernen, um Physik zu lehren. *Eine Möglichkeit für interessanteren Physikunterricht*  
ISBN 978-3-8325-1995-7 39.50 EUR
- 86 Esther Klaes: Außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Die Perspektive der Lehrkraft*  
ISBN 978-3-8325-2006-9 43.00 EUR
- 87 Marita Schmidt: Kompetenzmodellierung und -diagnostik im Themengebiet Energie der Sekundarstufe I. *Entwicklung und Erprobung eines Testinventars*  
ISBN 978-3-8325-2024-3 37.00 EUR
- 88 Gudrun Franke-Braun: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*  
ISBN 978-3-8325-2026-7 38.00 EUR
- 89 Silke Klos: Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*  
ISBN 978-3-8325-2133-2 37.00 EUR

- 90 Ulrike Elisabeth Burkard: Quantenphysik in der Schule. *Bestandsaufnahme, Perspektiven und Weiterentwicklungsmöglichkeiten durch die Implementation eines Medienservers*  
ISBN 978-3-8325-2215-5 43.00 EUR
- 91 Ulrike Gromadecki: Argumente in physikalischen Kontexten. *Welche Geltungsgründe halten Physikanfänger für überzeugend?*  
ISBN 978-3-8325-2250-6 41.50 EUR
- 92 Jürgen Bruns: Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden  
ISBN 978-3-8325-2257-5 43.50 EUR
- 93 Cornelius Marsch: Räumliche Atomvorstellung. *Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtskonzeptes mit Hilfe des Computers*  
ISBN 978-3-8325-2293-3 82.50 EUR
- 94 Maja Brückmann: Sachstrukturen im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Videostudie*  
ISBN 978-3-8325-2272-8 39.50 EUR
- 95 Sabine Fechner: Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education  
ISBN 978-3-8325-2343-5 36.50 EUR
- 96 Clemens Nagel: eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum  
ISBN 978-3-8325-2355-8 39.50 EUR
- 97 Josef Riese: Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften  
ISBN 978-3-8325-2376-3 39.00 EUR
- 98 Sascha Bernholt: Kompetenzmodellierung in der Chemie. *Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*  
ISBN 978-3-8325-2447-0 40.00 EUR
- 99 Holger Christoph Stawitz: Auswirkung unterschiedlicher Aufgabenprofile auf die Schülerleistung. *Vergleich von Naturwissenschafts- und Problemlöseaufgaben der PISA 2003-Studie*  
ISBN 978-3-8325-2451-7 37.50 EUR
- 100 Hans Ernst Fischer, Elke Sumfleth (Hrsg.): nwu-essen – 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht  
ISBN 978-3-8325-3331-1 40.00 EUR
- 101 Hendrik Härtig: Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests  
ISBN 978-3-8325-2512-5 34.00 EUR
- 102 Thomas Grüß-Niehaus: Zum Verständnis des Löslichkeitskonzeptes im Chemieunterricht. *Der Effekt von Methoden progressiver und kollaborativer Reflexion*  
ISBN 978-3-8325-2537-8 40.50 EUR

- 103 Patrick Bronner: Quantenoptische Experimente als Grundlage eines Curriculums zur Quantenphysik des Photons  
ISBN 978-3-8325-2540-8 36.00 EUR
- 104 Adrian Voßkühler: Blickbewegungsmessung an Versuchsaufbauten. *Studien zur Wahrnehmung, Verarbeitung und Usability von physikbezogenen Experimenten am Bildschirm und in der Realität*  
ISBN 978-3-8325-2548-4 47.50 EUR
- 105 Verena Tobias: Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. *Die Wirksamkeit einer Einführung über die zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen*  
ISBN 978-3-8325-2558-3 54.00 EUR
- 106 Christian Rogge: Entwicklung physikalischer Konzepte in aufgabenbasierten Lernumgebungen  
ISBN 978-3-8325-2574-3 45.00 EUR
- 107 Mathias Ropohl: Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. *Entwicklung und Analyse von Testaufgaben*  
ISBN 978-3-8325-2609-2 36.50 EUR
- 108 Christoph Kulgemeyer: Physikalische Kommunikationskompetenz. *Modellierung und Diagnostik*  
ISBN 978-3-8325-2674-0 44.50 EUR
- 109 Jennifer Olszewski: The Impact of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Teacher Actions and Student Outcomes  
ISBN 978-3-8325-2680-1 33.50 EUR
- 110 Annika Ohle: Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement  
ISBN 978-3-8325-2684-9 36.50 EUR
- 111 Susanne Mannel: Assessing scientific inquiry. *Development and evaluation of a test for the low-performing stage*  
ISBN 978-3-8325-2761-7 40.00 EUR
- 112 Michael Plomer: Physik physiologisch passend praktiziert. *Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie*  
ISBN 978-3-8325-2804-1 34.50 EUR
- 113 Alexandra Schulz: Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. *Eine Videostudie*  
ISBN 978-3-8325-2817-1 40.00 EUR
- 114 Franz Boczianowski: Eine empirische Untersuchung zu Vektoren im Physikunterricht der Mittelstufe  
ISBN 978-3-8325-2843-0 39.50 EUR
- 115 Maria Ploog: Internetbasiertes Lernen durch Textproduktion im Fach Physik  
ISBN 978-3-8325-2853-9 39.50 EUR

- 116 Anja Dhein: Lernen in Explorier- und Experimentiersituationen. *Eine explorative Studie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen bei Kindern im Alter zwischen 4 und 6 Jahren*  
ISBN 978-3-8325-2859-1 45.50 EUR
- 117 Irene Neumann: Beyond Physics Content Knowledge. *Modeling Competence Regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge*  
ISBN 978-3-8325-2880-5 37.00 EUR
- 118 Markus Emden: Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. *Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*  
ISBN 978-3-8325-2867-6 38.00 EUR
- 119 Birgit Hofmann: Analyse von Blickbewegungen von Schülern beim Lesen von physikbezogenen Texten mit Bildern. *Eye Tracking als Methodenwerkzeug in der physikdidaktischen Forschung*  
ISBN 978-3-8325-2925-3 59.00 EUR
- 120 Rebecca Knobloch: Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. *Eine Videostudie zu kooperativer Kleingruppenarbeit*  
ISBN 978-3-8325-3006-8 36.50 EUR
- 121 Julia Hostenbach: Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht  
ISBN 978-3-8325-3013-6 38.00 EUR
- 122 Anna Windt: Naturwissenschaftliches Experimentieren im Elementarbereich. *Evaluation verschiedener Lernsituationen*  
ISBN 978-3-8325-3020-4 43.50 EUR
- 123 Eva Kölbach: Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen  
ISBN 978-3-8325-3025-9 38.50 EUR
- 124 Anna Lau: Passung und vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-3021-1 36.00 EUR
- 125 Jan Lamprecht: Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. *Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik*  
ISBN 978-3-8325-3035-8 38.50 EUR
- 126 Ulrike Böhm: Förderung von Verstehensprozessen unter Einsatz von Modellen  
ISBN 978-3-8325-3042-6 41.00 EUR
- 127 Sabrina Dollny: Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften  
ISBN 978-3-8325-3046-4 37.00 EUR
- 128 Monika Zimmermann: Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. *Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen*  
ISBN 978-3-8325-3053-2 54.00 EUR

- 129 Ulf Saballus: Über das Schlussfolgern von Schülerinnen und Schülern zu öffentlichen Kontroversen mit naturwissenschaftlichem Hintergrund. *Eine Fallstudie*  
ISBN 978-3-8325-3086-0 39.50 EUR
- 130 Olaf Krey: Zur Rolle der Mathematik in der Physik. *Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender*  
ISBN 978-3-8325-3101-0 46.00 EUR
- 131 Angelika Wolf: Zusammenhänge zwischen der Eigenständigkeit im Physikunterricht, der Motivation, den Grundbedürfnissen und dem Lernerfolg von Schülern  
ISBN 978-3-8325-3161-4 45.00 EUR
- 132 Johannes Börlin: Das Experiment als Lerngelegenheit. *Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*  
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 133 Olaf Uhden: Mathematisches Denken im Physikunterricht. *Theorieentwicklung und Problemanalyse*  
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 134 Christoph Gut: Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. *Analyse eines large-scale Experimentiertests*  
ISBN 978-3-8325-3213-0 40.00 EUR
- 135 Antonio Rueda: Lernen mit ExploMultimedial in kolumbianischen Schulen. *Analyse von kurzzeitigen Lernprozessen und der Motivation beim länderübergreifenden Einsatz einer deutschen computergestützten multimedialen Lernumgebung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*  
ISBN 978-3-8325-3218-5 45.50 EUR
- 136 Krisztina Berger: Bilder, Animationen und Notizen. *Empirische Untersuchung zur Wirkung einfacher visueller Repräsentationen und Notizen auf den Wissenserwerb in der Optik*  
ISBN 978-3-8325-3238-3 41.50 EUR
- 137 Antony Crossley: Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher physikalischer Konzepte auf den Wissenserwerb in der Thermodynamik der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-3275-8 40.00 EUR
- 138 Tobias Viering: Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. *Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen*  
ISBN 978-3-8325-3277-2 37.00 EUR
- 139 Nico Schreiber: Diagnostik experimenteller Kompetenz. *Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*  
ISBN 978-3-8325-3284-0 39.00 EUR
- 140 Sarah Hundertmark: Einblicke in kollaborative Lernprozesse. *Eine Fallstudie zur reflektierenden Zusammenarbeit unterstützt durch die Methoden Concept Mapping und Lernbegleitbogen*  
ISBN 978-3-8325-3251-2 43.00 EUR

- 141 Ronny Scherer: Analyse der Struktur, Messinvarianz und Ausprägung komplexer Problemlösekompetenz im Fach Chemie. *Eine Querschnittstudie in der Sekundarstufe I und am Übergang zur Sekundarstufe II*  
ISBN 978-3-8325-3312-0 43.00 EUR
- 142 Patricia Heitmann: Bewertungskompetenz im Rahmen naturwissenschaftlicher Problemlöseprozesse. *Modellierung und Diagnose der Kompetenzen Bewertung und analytisches Problemlösen für das Fach Chemie*  
ISBN 978-3-8325-3314-4 37.00 EUR
- 143 Jan Fleischhauer: Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik  
ISBN 978-3-8325-3325-0 35.00 EUR
- 144 Nermin Özcan: Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. *Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht*  
ISBN 978-3-8325-3328-1 36.50 EUR
- 145 Helena van Vorst: Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-3321-2 38.50 EUR
- 146 Janine Cappell: Fachspezifische Diagnosekompetenz angehender Physiklehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase  
ISBN 978-3-8325-3356-4 38.50 EUR
- 147 Susanne Bley: Förderung von Transferprozessen im Chemieunterricht  
ISBN 978-3-8325-3407-3 40.50 EUR
- 148 Cathrin Blaes: Die übungsgestützte Lehrerpräsentation im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Effektivität*  
ISBN 978-3-8325-3409-7 43.50 EUR
- 149 Julia Suckut: Die Wirksamkeit von piko-OWL als Lehrerfortbildung. Eine Evaluation zum Projekt *Physik im Kontext* in Fallstudien  
ISBN 978-3-8325-3440-0 45.00 EUR
- 150 Alexandra Dorschu: Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben  
ISBN 978-3-8325-3446-2 37.00 EUR
- 151 Jochen Scheid: Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: *Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur*  
ISBN 978-3-8325-3449-3 49.00 EUR
- 152 Tim Plasa: Die Wahrnehmung von Schülerlaboren und Schülerforschungszentren  
ISBN 978-3-8325-3483-7 35.50 EUR
- 153 Felix Schoppmeier: Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe. *Entwicklung und Validierung eines Kompetenzstrukturmodells für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen*  
ISBN 978-3-8325-3502-5 36.00 EUR

- 154 Katharina Groß: Experimente alternativ dokumentieren. *Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*  
ISBN 978-3-8325-3508-7 43.50 EUR
- 155 Barbara Hank: Konzeptwandelprozesse im Anfangsunterricht Chemie. *Eine quasiexperimentelle Längsschnittstudie*  
ISBN 978-3-8325-3519-3 38.50 EUR
- 156 Katja Freyer: Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-3544-5 38.00 EUR
- 157 Alexander Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-)Magnetismus. *Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe*  
ISBN 978-3-8325-3548-3 43.50 EUR
- 158 Sebastian Ritter: Einfluss des Lerninhalts Nanogrößeneffekte auf Teilchen- und Teilchenmodellvorstellungen von Schülerinnen und Schülern  
ISBN 978-3-8325-3558-2 36.00 EUR
- 159 Andrea Harbach: Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben  
ISBN 978-3-8325-3564-3 39.00 EUR
- 160 David Obst: Interaktive Tafeln im Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung*  
ISBN 978-3-8325-3582-7 40.50 EUR
- 161 Sophie Kirschner: Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften  
ISBN 978-3-8325-3601-5 35.00 EUR
- 162 Katja Stief: Selbstregulationsprozesse und Hausaufgabenmotivation im Chemieunterricht  
ISBN 978-3-8325-3631-2 34.00 EUR
- 163 Nicola Meschede: Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*  
ISBN 978-3-8325-3668-8 37.00 EUR
- 164 Johannes Maximilian Barth: Experimentieren im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. *Eine Rekonstruktion übergeordneter Einbettungsstrategien*  
ISBN 978-3-8325-3681-7 39.00 EUR
- 165 Sandra Lein: Das Betriebspraktikum in der Lehrerbildung. *Eine Untersuchung zur Förderung der Wissenschafts- und Technikbildung im allgemeinbildenden Unterricht*  
ISBN 978-3-8325-3698-5 40.00 EUR
- 166 Veranika Maiseyenko: Modellbasiertes Experimentieren im Unterricht. *Praxistauglichkeit und Lernwirkungen*  
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR



- 167 Christoph Stolzenberger: Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik  
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR
- 168 Pia Altenburger: Mehrebenenregressionsanalysen zum Physiklernen im Sachunterricht der Primarstufe. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie.*  
ISBN 978-3-8325-3717-3 37.50 EUR
- 169 Nora Ferber: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung von Kompetenzentwicklung im Fach Chemie in der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-3727-2 39.50 EUR
- 170 Anita Stender: Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln. Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung  
ISBN 978-3-8325-3750-0 41.50 EUR
- 171 Jenna Koenen: Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen  
ISBN 978-3-8325-3785-2 43.00 EUR
- 172 Teresa Henning: Empirische Untersuchung kontextorientierter Lernumgebungen in der Hochschuldidaktik. *Entwicklung und Evaluation kontextorientierter Aufgaben in der Studieneingangsphase für Fach- und Nebenfachstudierende der Physik*  
ISBN 978-3-8325-3801-9 43.00 EUR
- 173 Alexander Pusch: Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik  
ISBN 978-3-8325-3829-3 38.00 EUR
- 174 Christoph Vogelsang: Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*  
ISBN 978-3-8325-3846-0 50.50 EUR
- 175 Ingo Brebeck: Selbstreguliertes Lernen in der Studieneingangsphase im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-3859-0 37.00 EUR
- 176 Axel Eghtessad: Merkmale und Strukturen von Professionalisierungsprozessen in der ersten und zweiten Phase der Chemielehrerbildung. *Eine empirisch-qualitative Studie mit niedersächsischen Fachleiter\_innen der Sekundarstufenlehrämter*  
ISBN 978-3-8325-3861-3 45.00 EUR
- 177 Andreas Nehring: Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung  
ISBN 978-3-8325-3872-9 39.50 EUR
- 178 Maike Schmidt: Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung“  
ISBN 978-3-8325-3907-8 38.50 EUR

- 179 Jan Winkelmann: Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-3915-3 41.00 EUR
- 180 Iwen Kobow: Entwicklung und Validierung eines Testinstrumentes zur Erfassung der Kommunikationskompetenz im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-3927-6 34.50 EUR
- 181 Yvonne Gramzow: Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion  
ISBN 978-3-8325-3931-3 42.50 EUR
- 182 Evelin Schröter: Entwicklung der Kompetenzerwartung durch Lösen physikalischer Aufgaben einer multimedialen Lernumgebung  
ISBN 978-3-8325-3975-7 54.50 EUR
- 183 Inga Kallweit: Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*  
ISBN 978-3-8325-3965-8 44.00 EUR
- 184 Andrea Schumacher: Paving the way towards authentic chemistry teaching. *A contribution to teachers' professional development*  
ISBN 978-3-8325-3976-4 48.50 EUR
- 185 David Woitkowski: Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. *Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*  
ISBN 978-3-8325-3988-7 53.00 EUR
- 186 Marianne Korner: Cross-Age Peer Tutoring in Physik. *Evaluation einer Unterrichtsmethode*  
ISBN 978-3-8325-3979-5 38.50 EUR
- 187 Simone Nakoinz: Untersuchung zur Verknüpfung submikroskopischer und makroskopischer Konzepte im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-4057-9 38.50 EUR
- 188 Sandra Anus: Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. *Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*  
ISBN 978-3-8325-4059-3 43.50 EUR
- 189 Thomas Roßbegalle: Fachdidaktische Entwicklungsforschung zum besseren Verständnis atmosphärischer Phänomene. *Treibhauseffekt, saurer Regen und stratosphärischer Ozonabbau als Kontexte zur Vermittlung von Basiskonzepten der Chemie*  
ISBN 978-3-8325-4059-3 45.50 EUR
- 190 Kathrin Steckenmesser-Sander: Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikbezogener Handlungs-, Denk- und Lernprozesse von Mädchen und Jungen  
ISBN 978-3-8325-4066-1 38.50 EUR
- 191 Cornelia Geller: Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. *Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*  
ISBN 978-3-8325-4082-1 35.50 EUR

- 192 Jan Hofmann: Untersuchung des Kompetenzaufbaus von Physiklehrkräften während einer Fortbildungsmaßnahme  
ISBN 978-3-8325-4104-0 38.50 EUR
- 193 Andreas Dickhäuser: Chemiespezifischer Humor. *Theoriebildung, Materialentwicklung, Evaluation*  
ISBN 978-3-8325-4108-8 37.00 EUR
- 194 Stefan Korte: Die Grenzen der Naturwissenschaft als Thema des Physikunterrichts  
ISBN 978-3-8325-4112-5 57.50 EUR
- 195 Carolin Hülsmann: Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe  
ISBN 978-3-8325-4144-6 49.00 EUR
- 196 Caroline Körbs: Mindeststandards im Fach Chemie am Ende der Pflichtschulzeit  
ISBN 978-3-8325-4148-4 34.00 EUR
- 197 Andreas Vorholzer: Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? *Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*  
ISBN 978-3-8325-4194-1 37.50 EUR
- 198 Anna Katharina Schmitt: Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung  
ISBN 978-3-8325-4228-3 39.50 EUR
- 199 Christian Maurer: Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen  
ISBN 978-3-8325-4247-4 36.50 EUR
- 200 Helmut Fischler, Elke Sumfleth (Hrsg.): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik  
ISBN 978-3-8325-4523-9 34.00 EUR
- 201 Simon Zander: Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen  
ISBN 978-3-8325-4248-1 35.00 EUR
- 202 Kerstin Arndt: Experimentierkompetenz erfassen.  
*Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie*  
ISBN 978-3-8325-4266-5 45.00 EUR
- 203 Christian Lang: Kompetenzorientierung im Rahmen experimentalchemischer Praktika  
ISBN 978-3-8325-4268-9 42.50 EUR
- 204 Eva Cauet: Testen wir relevantes Wissen? *Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*  
ISBN 978-3-8325-4276-4 39.50 EUR
- 205 Patrick Löffler: Modellanwendung in Problemlöseaufgaben. *Wie wirkt Kontext?*  
ISBN 978-3-8325-4303-7 35.00 EUR

- 206 Carina Gehlen: Kompetenzstruktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-4318-1 43.00 EUR
- 207 Lars Oettinghaus: Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. *Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat*  
ISBN 978-3-8325-4319-8 38.50 EUR
- 208 Jennifer Petersen: Zum Einfluss des Merkmals Humor auf die Gesundheitsförderung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Eine Interventionsstudie zum Thema Sonnenschutz*  
ISBN 978-3-8325-4348-8 40.00 EUR
- 209 Philipp Straube: Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik  
ISBN 978-3-8325-4351-8 35.50 EUR
- 210 Martin Dickmann: Messung von Experimentierfähigkeiten. *Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens*  
ISBN 978-3-8325-4356-3 41.00 EUR
- 211 Markus Bohlmann: Science Education. Empirie, Kulturen und Mechanismen der Didaktik der Naturwissenschaften  
ISBN 978-3-8325-4377-8 44.00 EUR
- 212 Martin Draude: Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren  
ISBN 978-3-8325-4382-2 37.50 EUR
- 213 Henning Rode: Prototypen evidenzbasierten Physikunterrichts. *Zwei empirische Studien zum Einsatz von Feedback und Blackboxes in der Sekundarstufe*  
ISBN 978-3-8325-4389-1 42.00 EUR
- 214 Jan-Henrik Kechel: Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. *Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*  
ISBN 978-3-8325-4392-1 55.00 EUR
- 215 Katharina Fricke: Classroom Management and its Impact on Lesson Outcomes in Physics. *A multi-perspective comparison of teaching practices in primary and secondary schools*  
ISBN 978-3-8325-4394-5 40.00 EUR
- 216 Hannes Sander: Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. *Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft*  
ISBN 978-3-8325-4434-8 46.00 EUR
- 217 Inka Haak: Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. *Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff*  
ISBN 978-3-8325-4437-9 46.50 EUR

- 218 Martina Brandenburger: Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?  
*Eine Untersuchung mit Studierenden*  
ISBN 978-3-8325-4409-6 42.50 EUR
- 219 Corinna Helms: Entwicklung und Evaluation eines Trainings zur Verbesserung der Erklärqualität von Schülerinnen und Schülern im Gruppenpuzzle  
ISBN 978-3-8325-4454-6 42.50 EUR
- 220 Viktoria Rath: Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Modellierung, Testinstrumentenentwicklung und Erhebung der Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik*  
ISBN 978-3-8325-4456-0 42.50 EUR
- 221 Janne Krüger: Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften  
ISBN 978-3-8325-4457-7 45.50 EUR
- 222 Stefan Mutke: Das Professionswissen von Chemiereferendarinnen und -referendaren in Nordrhein-Westfalen. *Eine Längsschnittstudie*  
ISBN 978-3-8325-4458-4 37.50 EUR
- 223 Sebastian Habig: Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren  
ISBN 978-3-8325-4467-6 40.50 EUR
- 224 Sven Liepertz: Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften, dem sachstrukturellen Angebot des Unterrichts und der Schülerleistung  
ISBN 978-3-8325-4480-5 34.00 EUR
- 225 Elina Platova: Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung  
ISBN 978-3-8325-4481-2 39.00 EUR
- 226 Tim Reschke: Lesegeschichten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zur Unterstützung von situationalem Interesse und Lernerfolg  
ISBN 978-3-8325-4487-4 41.00 EUR
- 227 Lena Mareike Walper: Entwicklung der physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase von der Primar- in die Sekundarstufe. *Eine Längsschnittanalyse vom vierten bis zum siebten Schuljahr*  
ISBN 978-3-8325-4495-9 43.00 EUR
- 228 Stefan Anthofer: Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden  
ISBN 978-3-8325-4498-0 39.50 EUR
- 229 Marcel Bullinger: Handlungsorientiertes Physiklernen mit instruierten Selbsterklärungen in der Primarstufe. *Eine experimentelle Laborstudie*  
ISBN 978-3-8325-4504-8 44.00 EUR
- 230 Thomas Amenda: Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik  
ISBN 978-3-8325-4531-4 43.50 EUR

- 231 Sabrina Milke: Beeinflusst *Priming* das Physiklernen?  
*Eine empirische Studie zum Dritten Newtonschen Axiom*  
ISBN 978-3-8325-4549-4 42.00 EUR
- 232 Corinna Erfmann: Ein anschaulicher Weg zum Verständnis der elektromagnetischen Induktion. *Evaluation eines Unterrichtsvorschlags und Validierung eines Leistungsdiagnoseinstruments*  
ISBN 978-3-8325-4550-5 49.50 EUR
- 233 Hanne Rautenstrauch: Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie  
ISBN 978-3-8325-4556-7 40.50 EUR
- 234 Tobias Klug: Wirkung kontextorientierter physikalischer Praktikumsversuche auf Lernprozesse von Studierenden der Medizin  
ISBN 978-3-8325-4558-1 37.00 EUR
- 235 Mareike Bohrmann: Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht  
ISBN 978-3-8325-4559-8 52.00 EUR
- 236 Anja Schödl: FALKO-Physik – Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften*  
ISBN 978-3-8325-4553-6 40.50 EUR
- 237 Hilda Scheuermann: Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten  
ISBN 978-3-8325-4568-0 39.00 EUR
- 238 Christian G. Strippel: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln. *Konzeption und empirische Untersuchung einer Ausstellung mit Experimentierstation*  
ISBN 978-3-8325-4577-2 41.50 EUR
- 239 Sarah Rau: Durchführung von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst. *Eine längsschnittliche, videobasierte Unterrichtsanalyse*  
ISBN 978-3-8325-4579-6 46.00 EUR
- 240 Thomas Plotz: Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. *Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2*  
ISBN 978-3-8325-4624-3 39.50 EUR
- 241 Wolfgang Aschauer: Elektrische und magnetische Felder. *Eine empirische Studie zu Lernprozessen in der Sekundarstufe II*  
ISBN 978-3-8325-4625-0 50.00 EUR
- 242 Anna Donhauser: Didaktisch rekonstruierte Materialwissenschaft. *Aufbau und Konzeption eines Schülerlabors für den Exzellenzcluster Engineering of Advanced Materials*  
ISBN 978-3-8325-4636-6 39.00 EUR

- 243 Katrin Schüßler: Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht. *Einflüsse auf Lernerfolg, kognitive Belastung und Motivation*  
ISBN 978-3-8325-4640-3 42.50 EUR
- 244 Timo Fleischer: Untersuchung der chemischen Fachsprache unter besonderer Berücksichtigung chemischer Repräsentationen  
ISBN 978-3-8325-4642-7 46.50 EUR
- 245 Rosina Steininger: Concept Cartoons als Stimuli für Kleingruppendiskussionen im Chemieunterricht. *Beschreibung und Analyse einer komplexen Lerngelegenheit*  
ISBN 978-3-8325-4647-2 39.00 EUR
- 246 Daniel Rehfeldt: Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika  
ISBN 978-3-8325-4590-1 40.00 EUR
- 247 Sandra Puddu: Implementing Inquiry-based Learning in a Diverse Classroom: Investigating Strategies of Scaffolding and Students' Views of Scientific Inquiry  
ISBN 978-3-8325-4591-8 35.50 EUR
- 248 Markus Bliersbach: Kreativität in der Chemie. *Erhebung und Förderung der Vorstellungen von Chemielehramtsstudierenden*  
ISBN 978-3-8325-4593-2 44.00 EUR
- 249 Lennart Kimpel: Aufgaben in der Allgemeinen Chemie. *Zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit*  
ISBN 978-3-8325-4618-2 36.00 EUR
- 250 Louise Bindel: Effects of integrated learning: explicating a mathematical concept in inquiry-based science camps  
ISBN 978-3-8325-4655-7 37.50 EUR
- 251 Michael Wenzel: Computereinsatz in Schule und Schülerlabor. *Einstellung von Physik Lehrkräften zu Neuen Medien*  
ISBN 978-3-8325-4659-5 38.50 EUR
- 252 Laura Muth: Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Interventionsstudie zum Zuwachs von Fachwissen und experimenteller Kompetenz von Schülerinnen und Schülern*  
ISBN 978-3-8325-4675-5 36.50 EUR
- 253 Annika Fricke: Interaktive Skripte im Physikalischen Praktikum. *Entwicklung und Evaluation von Hypermedien für die Nebenfachausbildung*  
ISBN 978-3-8325-4676-2 41.00 EUR
- 254 Julia Haase: Selbstbestimmtes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Eine empirische Interventionsstudie mit Fokus auf Feedback und Kompetenzerleben*  
ISBN 978-3-8325-4685-4 38.50 EUR
- 255 Antje J. Heine: Was ist Theoretische Physik? *Eine wissenschaftstheoretische Betrachtung und Rekonstruktion von Vorstellungen von Studierenden und Dozenten über das Wesen der Theoretischen Physik*  
ISBN 978-3-8325-4691-5 46.50 EUR

- 256 Claudia Meinhardt: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Physiklehrkräften in physikdidaktischen Handlungsfeldern  
ISBN 978-3-8325-4712-7 47.00 EUR
- 257 Ann-Kathrin Schlüter: Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht  
ISBN 978-3-8325-4713-4 53.50 EUR
- 258 Stefan Richtberg: Elektronenbahnen in Feldern. Konzeption und Evaluation einer webbasierten Lernumgebung  
ISBN 978-3-8325-4723-3 49.00 EUR
- 259 Jan-Philipp Burde: Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells  
ISBN 978-3-8325-4726-4 57.50 EUR
- 260 Frank Finkenberg: Flipped Classroom im Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-4737-4 42.50 EUR
- 261 Florian Treisch: Die Entwicklung der Professionellen Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lern-Labor Seminar  
ISBN 978-3-8325-4741-4 41.50 EUR
- 262 Desiree Mayr: Strukturiertheit des experimentellen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses  
ISBN 978-3-8325-4757-8 37.00 EUR
- 263 Katrin Weber: Entwicklung und Validierung einer Learning Progression für das Konzept der chemischen Reaktion in der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-4762-2 48.50 EUR
- 264 Hauke Bartels: Entwicklung und Bewertung eines performanznahen Videovignetten-tests zur Messung der Erklärfähigkeit von Physiklehrkräften  
ISBN 978-3-8325-4804-9 37.00 EUR
- 265 Karl Marniok: Zum Wesen von Theorien und Gesetzen in der Chemie. *Begriffsanalyse und Förderung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden*  
ISBN 978-3-8325-4805-6 42.00 EUR
- 266 Marisa Holzapfel: Fachspezifischer Humor als Methode in der Gesundheitsbildung im Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-4808-7 50.00 EUR
- 267 Anna Stolz: Die Auswirkungen von Experimentiersituationen mit unterschiedlichem Öffnungsgrad auf Leistung und Motivation der Schülerinnen und Schüler  
ISBN 978-3-8325-4781-3 38.00 EUR
- 268 Nina Ulrich: Interaktive Lernaufgaben in dem digitalen Schulbuch eChemBook. *Einfluss des Interaktivitätsgrads der Lernaufgaben und des Vorwissens der Lernenden auf den Lernerfolg*  
ISBN 978-3-8325-4814-8 43.50 EUR



- 269 Kim-Alessandro Weber: Quantenoptik in der Lehrerfortbildung. *Ein bedarfsgeprägtes Fortbildungskonzept zum Quantenobjekt „Photon“ mit Realexperimenten*  
ISBN 978-3-8325-4792-9 55.00 EUR
- 270 Nina Skorsetz: Empathisierer und Systematisierer im Vorschulalter. *Eine Fragebogen- und Videostudie zur Motivation, sich mit Naturphänomenen zu beschäftigen*  
ISBN 978-3-8325-4825-4 43.50 EUR
- 271 Franziska Kehne: Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-4846-9 45.00 EUR
- 272 Markus Elsholz: Das akademische Selbstkonzept angehender Physiklehrkräfte als Teil ihrer professionellen Identität. *Dimensionalität und Veränderung während einer zentralen Praxisphase*  
ISBN 978-3-8325-4857-5 37.50 EUR
- 273 Joachim Müller: Studienerfolg in der Physik. *Zusammenhang zwischen Modellierungskompetenz und Studienerfolg*  
ISBN 978-3-8325-4859-9 35.00 EUR
- 274 Jennifer Dörschelln: Organische Leuchtdioden. *Implementation eines innovativen Themas in den Chemieunterricht*  
ISBN 978-3-8325-4865-0 59.00 EUR
- 275 Stephanie Strelow: Beliefs von Studienanfängern des Kombi-Bachelors Physik über die Natur der Naturwissenschaften  
ISBN 978-3-8325-4881-0 40.50 EUR
- 276 Dennis Jaeger: Kognitive Belastung und aufgabenspezifische sowie personenspezifische Einflussfaktoren beim Lösen von Physikaufgaben  
ISBN 978-3-8325-4928-2 50.50 EUR
- 277 Vanessa Fischer: Der Einfluss von Interesse und Motivation auf die Messung von Fach- und Bewertungskompetenz im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-4933-6 39.00 EUR
- 278 René Dohrmann: Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. *Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht)*  
ISBN 978-3-8325-4958-9 40.00 EUR
- 279 Meike Bergs: Can We Make Them Use These Strategies? *Fostering Inquiry-Based Science Learning Skills with Physical and Virtual Experimentation Environments*  
ISBN 978-3-8325-4962-6 39.50 EUR
- 280 Marie-Therese Hauerstein: Untersuchung zur Effektivität von Strukturierung und Binendifferenzierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Strukturierungshilfe Lernleiter*  
ISBN 978-3-8325-4982-4 42.50 EUR

- 281 Verena Zucker: Erkennen und Beschreiben von formativem Assessment im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Entwicklung eines Instruments zur Erfassung von Teilfähigkeiten der professionellen Wahrnehmung von Lehramtsstudierenden*  
ISBN 978-3-8325-4991-6 38.00 EUR
- 282 Victoria Telser: Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-4996-1 50.50 EUR
- 283 Kristine Tschirschky: Entwicklung und Evaluation eines gedächtnisorientierten Aufgabendesigns für Physikaufgaben  
ISBN 978-3-8325-5002-8 42.50 EUR
- 284 Thomas Elert: Course Success in the Undergraduate General Chemistry Lab  
ISBN 978-3-8325-5004-2 41.50 EUR
- 285 Britta Kalthoff: Explizit oder implizit? *Untersuchung der Lernwirksamkeit verschiedener fachmethodischer Instruktionen im Hinblick auf fachmethodische und fachinhaltliche Fähigkeiten von Sachunterrichtsstudierenden*  
ISBN 978-3-8325-5013-4 37.50 EUR
- 286 Thomas Dickmann: Visuelles Modellverständnis und Studienerfolg in der Chemie. *Zwei Seiten einer Medaille*  
ISBN 978-3-8325-5016-5 44.00 EUR
- 287 Markus Sebastian Feser: Physiklehrkräfte korrigieren Schülertexte. *Eine Explorationsstudie zur fachlich-konzeptuellen und sprachlichen Leistungsfeststellung und -beurteilung im Physikunterricht*  
ISBN 978-3-8325-5020-2 49.00 EUR
- 288 Matylda Dudzinska: Lernen mit Beispielaufgaben und Feedback im Physikunterricht der Sekundarstufe 1. *Energieerhaltung zur Lösung von Aufgaben nutzen*  
ISBN 978-3-8325-5025-7 47.00 EUR
- 289 Ines Sonnenschein: Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsprozesse Studierender im Labor  
ISBN 978-3-8325-5033-2 52.00 EUR
- 290 Florian Simon: Der Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen. *Eine Zusammenhangsanalyse von Betreuungsqualität, Betreuermerkmalen und Schülerlaborzielen sowie Replikationsstudie zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen*  
ISBN 978-3-8325-5036-3 49.50 EUR
- 291 Marie-Annette Geyer: Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge. *Das Vorgehen von SchülerInnen der Sekundarstufe 1 und ihre Schwierigkeiten*  
ISBN 978-3-8325-5047-9 46.50 EUR
- 292 Susanne Digel: Messung von Modellierungskompetenz in Physik. *Theoretische Herleitung und empirische Prüfung eines Kompetenzmodells physikspezifischer Modellierungskompetenz*  
ISBN 978-3-8325-5055-4 41.00 EUR

- 293 Sönke Janssen: Angebots-Nutzungs-Prozesse eines Schülerlabors analysieren und gestalten. *Ein design-based research Projekt*  
ISBN 978-3-8325-5065-3 57.50 EUR
- 294 Knut Wille: Der Productive Failure Ansatz als Beitrag zur Weiterentwicklung der Aufgabekultur  
ISBN 978-3-8325-5074-5 49.00 EUR
- 295 Lianne Kraeva: Problemlösestrategien von Schülerinnen und Schülern diagnostizieren  
ISBN 978-3-8325-5110-0 59.50 EUR
- 296 Jenny Lorentzen: Entwicklung und Evaluation eines Lernangebots im Lehramtsstudium Chemie zur Förderung von Vernetzungen innerhalb des fachbezogenen Professionswissens  
ISBN 978-3-8325-5120-9 39.50 EUR
- 297 Micha Winkelmann: Lernprozesse in einem Schülerlabor unter Berücksichtigung individueller naturwissenschaftlicher Interessenstrukturen  
ISBN 978-3-8325-5147-6 48.50 EUR
- 298 Carina Wöhlke: Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung angehender Physiklehrkräfte  
ISBN 978-3-8325-5149-0 43.00 EUR
- 299 Thomas Schubatzky: Das Amalgam Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht. *Eine multiperspektivische Betrachtung in Deutschland und Österreich*  
ISBN 978-3-8325-5159-9 50.50 EUR
- 300 Amany Annaggar: A Design Framework for Video Game-Based Gamification Elements to Assess Problem-solving Competence in Chemistry Education  
ISBN 978-3-8325-5150-6 52.00 EUR
- 301 Alexander Engl: CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur: *Entwicklung und Evaluation eines kontextorientierten Unterrichtskonzepts im Bereich Outdoor Education zur Änderung der Einstellung zu „Chemie und Natur“*  
ISBN 978-3-8325-5174-2 59.00 EUR
- 302 Christin Marie Sajons: Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren. *Kontextualisierung, Problemorientierung und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur analysieren und weiterentwickeln*  
ISBN 978-3-8325-5155-1 56.00 EUR
- 303 Philipp Bitzenbauer: Quantenoptik an Schulen. *Studie im Mixed-Methods Design zur Evaluation des Erlanger Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik*  
ISBN 978-3-8325-5123-0 59.00 EUR
- 304 Malte S. Ubben: Typisierung des Verständnisses mentaler Modelle mittels empirischer Datenerhebung am Beispiel der Quantenphysik  
ISBN 978-3-8325-5181-0 43.50 EUR
- 305 Wiebke Kuske-Janßen: Sprachlicher Umgang mit Formeln von LehrerInnen im Physikunterricht am Beispiel des elektrischen Widerstandes in Klassenstufe 8  
ISBN 978-3-8325-5183-4 47.50 EUR

- 306 Kai Bliesmer: Physik der Küste für außerschulische Lernorte. *Eine Didaktische Rekonstruktion*  
ISBN 978-3-8325-5190-2 58.00 EUR
- 307 Nikola Schild: Eignung von domänenspezifischen Studieneingangsvariablen als Prädiktoren für Studienerfolg im Fach und Lehramt Physik  
ISBN 978-3-8325-5226-8 42.00 EUR
- 308 Daniel Averbek: Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums. *Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen*  
ISBN 978-3-8325-5227-5 51.00 EUR
- 309 Martina Strübe: Modelle und Experimente im Chemieunterricht. *Eine Videostudie zum fachspezifischen Lehrerwissen und -handeln*  
ISBN 978-3-8325-5245-9 45.50 EUR
- 310 Wolfgang Becker: Auswirkungen unterschiedlicher experimenteller Repräsentationen auf den Kenntnisstand bei Grundschulkindern  
ISBN 978-3-8325-5255-8 50.00 EUR
- 311 Marvin Rost: Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Entwicklung und quantitative Dimensionalitätsanalyse eines Testinstruments aus epistemologischer Perspektive*  
ISBN 978-3-8325-5256-5 44.00 EUR
- 312 Christina Kobl: Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-5259-6 41.00 EUR
- 313 Ann-Kathrin Beretz: Diagnostische Prozesse von Studierenden des Lehramts – *eine Videostudie in den Fächern Physik und Mathematik*  
ISBN 978-3-8325-5288-6 45.00 EUR
- 314 Judith Breuer: Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. *Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik*  
ISBN 978-3-8325-5293-0 50.50 EUR
- 315 Michaela Oettle: Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik. *Eine Delphi-Studie*  
ISBN 978-3-8325-5305-0 57.50 EUR
- 316 Volker Brüggemann: Entwicklung und Pilotierung eines adaptiven Multistage-Tests zur Kompetenzerfassung im Bereich naturwissenschaftlichen Denkens  
ISBN 978-3-8325-5331-9 40.00 EUR
- 317 Stefan Müller: Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. *Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer\*innenbildung*  
ISBN 978-3-8325-5343-2 63.00 EUR
- 318 Laurence Müller: Alltagsentscheidungen für den Chemieunterricht erkennen und Entscheidungsprozesse explorativ begleiten  
ISBN 978-3-8325-5379-1 59.00 EUR

- 319 Lars Ehlert: Entwicklung und Evaluation einer Lehrkräftefortbildung zur Planung von selbstgesteuerten Experimenten  
ISBN 978-3-8325-5393-71 41.50 EUR
- 320 Florian Seiler: Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-5397-5 47.50 EUR
- 321 Nadine Boele: Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von (angehenden) Chemielehrkräften hinsichtlich der Lernunterstützung  
ISBN 978-3-8325-5402-6 46.50 EUR
- 322 Franziska Zimmermann: Entwicklung und Evaluation digitalisierungsbezogener Kompetenzen von angehenden Chemielehrkräften  
ISBN 978-3-8325-5410-1 49.50 EUR
- 323 Lars-Frederik Weiß: Der Flipped Classroom in der Physik-Lehre. *Empirische Untersuchungen in Schule und Hochschule*  
ISBN 978-3-8325-5418-7 51.00 EUR
- 324 Tilmann Steinmetz: Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik. *Theorie und Evaluation eines Lehrkonzepts*  
ISBN 978-3-8325-5421-7 51.00 EUR
- 325 Kübra Nur Celik: Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I. *Validierung einer Learning Progression für die Basiskonzepte „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“*  
ISBN 978-3-8325-5431-6 55.00 EUR
- 326 Matthias Ungermann: Förderung des Verständnisses von Nature of Science und der experimentellen Kompetenz im Schüler\*innen-Labor Physik in Abgrenzung zum Regelunterricht  
ISBN 978-3-8325-5442-2 55.50 EUR
- 327 Christoph Hoyer: Multimedial unterstütztes Experimentieren im webbasierten Labor zur Messung, Visualisierung und Analyse des Feldes eines Permanentmagneten  
ISBN 978-3-8325-5453-8 45.00 EUR
- 328 Tobias Schüttler: Schülerlabore als interessefördernde authentische Lernorte für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzen  
ISBN 978-3-8325-5454-5 50.50 EUR
- 329 Christopher Kurth: Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren  
ISBN 978-3-8325-5457-6 58.50 EUR
- 330 Dagmar Michna: Inklusiver Anfangsunterricht Chemie *Entwicklung und Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Einführung der chemischen Reaktion*  
ISBN 978-3-8325-5463-7 49.50 EUR
- 331 Marco Seiter: Die Bedeutung der Elementarisierung für den Erfolg von Mechanikunterricht in der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-5471-2 66.00 EUR

- 332 Jörn Hägele: Kompetenzaufbau zum experimentbezogenen Denken und Arbeiten. *Videobasierte Analysen zu Aktivitäten und Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe bei der Bearbeitung von fachmethodischer Instruktion*  
ISBN 978-3-8325-5476-7 56.50 EUR
- 333 Erik Heine: Wissenschaftliche Kontroversen im Physikunterricht. *Explorationsstudie zum Umgang von Physiklehrkräften und Physiklehramtsstudierenden mit einer wissenschaftlichen Kontroverse am Beispiel der Masse in der Speziellen Relativitätstheorie*  
ISBN 978-3-8325-5478-1 48.50 EUR
- 334 Simon Goertz: Module und Lernzirkel der Plattform FLeXKom zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis *Verlauf und Ergebnisse einer Design-Based Research Studie*  
ISBN 978-3-8325-5494-1 66.50 EUR
- 335 Christina Toschka: Lernen mit Modellexperimenten *Empirische Untersuchung der Wahrnehmung und des Denkens in Analogien beim Umgang mit Modellexperimenten*  
ISBN 978-3-8325-5495-8 50.00 EUR
- 336 Alina Behrendt: Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-5498-9 40.50 EUR
- 337 Manuel Daiber: Entwicklung eines Lehrkonzepts für eine elementare Quantenmechanik *Formuliert mit In-Out Symbolen*  
ISBN 978-3-8325-5507-8 48.50 EUR
- 338 Felix Pawlak: Das Gemeinsame Experimentieren (an-)leiten *Eine qualitative Studie zum chemiespezifischen Classroom-Management*  
ISBN 978-3-8325-5508-5 46.50 EUR
- 339 Liza Dopatka: Konzeption und Evaluation eines kontextstrukturierten Unterrichtskonzeptes für den Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht  
ISBN 978-3-8325-5514-6 69.50 EUR
- 340 Arne Bewersdorff: Untersuchung der Effektivität zweier Fortbildungsformate zum Experimentieren mit dem Fokus auf das Unterrichtshandeln  
ISBN 978-3-8325-5522-1 39.00 EUR
- 341 Thomas Christoph Münster: Wie diagnostizieren Studierende des Lehramtes physikbezogene Lernprozesse von Schüler\*innen? Eine Videostudie zur Mechanik  
ISBN 978-3-8325-5534-4 44.50 EUR
- 342 Ines Komor: Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses in der Physikalischen Chemie  
ISBN 978-3-8325-5546-7 46.50 EUR
- 343 Verena Petermann: Überzeugungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Fachinhalten und Fachmethoden und deren Beziehung zu unterrichtsnahem Handeln  
ISBN 978-3-8325-5545-0 47.00 EUR

- 344 Jana Heinze: Einfluss der sprachlichen Konzeption auf die Einschätzung der Qualität instruktionaler Unterrichtserklärungen im Fach Physik  
ISBN 978-3-8325-5545-0 47.00 EUR
- 345 Jannis Weber: Mathematische Modellbildung und Videoanalyse zum Lernen der Newtonschen Dynamik im Vergleich  
ISBN 978-3-8325-5566-5 68.00 EUR
- 346 Fabian Sterzing: Zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos in der Physik *Eine Untersuchung in Abhängigkeit von ihrer fachdidaktischen Qualität und ihrem Einbettungsformat*  
ISBN 978-3-8325-5576-4 52.00 EUR
- 347 Lars Greitemann: Wirkung des Tablet-Einsatzes im Chemieunterricht der Sekundarstufe I unter besonderer Berücksichtigung von Wissensvermittlung und Wissenssicherung  
ISBN 978-3-8325-5580-1 50.00 EUR
- 348 Fabian Poensgen: Diagnose experimenteller Kompetenzen in der laborpraktischen Chemielehrer\*innenbildung  
ISBN 978-3-8325-5587-0 48.00 EUR
- 349 William Lindlahr: Virtual-Reality-Experimente *Entwicklung und Evaluation eines Konzepts für den forschend-entwickelnden Physikunterricht mit digitalen Medien*  
ISBN 978-3-8325-5595-5 49.00 EUR
- 350 Bert Schlüter: Teilnahmemotivation und situationales Interesse von Kindern und Eltern im experimentellen Lernsetting KEMIE  
ISBN 978-3-8325-5598-6 43.00 EUR
- 351 Katharina Nave: Charakterisierung situativer mentaler Modellkomponenten in der Chemie und die Bildung von Hypothesen *Eine qualitative Studie zur Operationalisierung mentaler Modell-komponenten für den Fachbereich Chemie*  
ISBN 978-3-8325-5599-3 43.00 EUR
- 352 Anna B. Bauer: Experimentelle Kompetenz Physikstudierender *Entwicklung und erste Erprobung eines performanzorientierten Kompetenzstrukturmodells unter Nutzung qualitativer Methoden*  
ISBN 978-3-8325-5625-9 47.00 EUR
- 353 Jan Schröder: Entwicklung eines Performanztests zur Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung bei Lehramtsstudierenden im Fach Physik  
ISBN 978-3-8325-5655-9 46.50 EUR
- 354 Susanne Gerlach: Aspekte einer Fachdidaktik Körperpflege *Ein Beitrag zur Standardentwicklung*  
ISBN 978-3-8325-5659-4 45.00 EUR
- 355 Livia Murer: Diagnose experimenteller Kompetenzen beim praktisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten *Vergleich verschiedener Methoden und kognitive Validierung eines Testverfahrens*  
ISBN 978-3-8325-5657-0 41.50 EUR

- 356 Andrea Maria Schmid: Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen *Eine zweiteilige Interventionsstudie in den Fachdidaktiken Physik und Technik*  
ISBN 978-3-8325-5605-1 57.00 EUR
- 357 Julia Ortmann: Bedeutung und Förderung von Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten in universitären Praktika  
ISBN 978-3-8325-5670-9 37.00 EUR
- 358 Axel-Thilo Prokop: Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors zum Thema Radioaktivität *Eine didaktische Rekonstruktion*  
ISBN 978-3-8325-5671-6 49.50 EUR
- 359 Timo Hackemann: Textverständlichkeit sprachlich variiertes physikbezogener Sachtexte  
ISBN 978-3-8325-5675-4 41.50 EUR
- 360 Dennis Dietz: Vernetztes Lernen im fächerdifferenzierten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt am Basiskonzept Energie *Eine Studie zur Analyse der Wirksamkeit der Konzeption und Implementation eines schulinternen Curriculums für das Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften 7/8“*  
ISBN 978-3-8325-5676-1 49.50 EUR
- 361 Ann-Katrin Krebs: Vielfalt im Physikunterricht *Zur Wirkung von Lehrkräftefortbildungen unter Diversitätsaspekten*  
ISBN 978-3-8325-5672-3 65.50 EUR
- 362 Simon Kaulhausen: Strukturelle Ursachen für Klausurmisserfolg in Allgemeiner Chemie an der Universität  
ISBN 978-3-8325-5699-0 37.50 EUR
- 363 Julia Eckoldt: Den (Sach-)Unterricht öffnen *Selbstkompetenzen und motivationale Orientierungen von Lehrkräften bei der Implementation einer Innovation untersucht am Beispiel des Freien Explorierens und Experimentierens*  
ISBN 978-3-8325-5663-1 48.50 EUR
- 364 Albert Teichrow: Physikalische Modellbildung mit dynamischen Modellen  
ISBN 978-3-8325-5710-2 58.50 EUR
- 365 Sascha Neff: Transfer digitaler Innovationen in die Schulpraxis *Eine explorative Untersuchung zur Förderung der Implementation*  
ISBN 978-3-8325-5687-7 59.00 EUR
- 366 Rahel Schmid: Verständnis von Nature of Science-Aspekten und Umgang mit Fehlern von Schüler\*innen der Sekundarstufe I *Am Beispiel von digital-basierten Lernprozessen im informellen Lernsetting Smartfeld*  
ISBN 978-3-8325-5722-5 53.50 EUR
- 367 Dennis Kirstein: Individuelle Bedingungs- und Risikofaktoren für erfolgreiche Lernprozesse mit kooperativen Experimentieraufgaben im Chemieunterricht *Eine Untersuchung zum Zusammenhang von Lernvoraussetzungen, Lerntätigkeiten, Schwierigkeiten und Lernerfolg beim Experimentieren in Kleingruppen der Sekundarstufe I*  
ISBN 978-3-8325-5729-4 52.50 EUR



- 368 Frauke Düwel: Argumentationslinien in Lehr-Lernkontexten *Potenziale englischer Fachtexte zur Chromatografie und deren hochschuldidaktische Einbindung*  
ISBN 978-3-8325-5731-7 63.00 EUR
- 369 Fabien Güth: Interessenbasierte Differenzierung mithilfe systematisch variiertes Kontextaufgaben im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-5737-9 48.00 EUR
- 370 Oliver Grewe: Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich sprachsensibler Maßnahmen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht *Konzeption und Evaluation einer video- und praxisbasierten Lehrveranstaltung im Masterstudium*  
ISBN 978-3-8325-5738-6 44.50 EUR
- 371 Anna Nowak: Untersuchung der Qualität von Selbstreflexionstexten zum Physikunterricht *Entwicklung des Reflexionsmodells REIZ*  
ISBN 978-3-8325-5739-3 59.00 EUR
- 372 Dominique Angela Holland: Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) kooperativ gestalten *Vergleich monodisziplinärer und interdisziplinärer Kooperation von Lehramtsstudierenden bei der Planung, Durchführung und Reflexion von Online-BNE-Unterricht*  
ISBN 978-3-8325-5760-7 47.00 EUR
- 373 Renan Marcello Vairo Nunes: MINT-Personal an Schulen *Eine Untersuchung der Arbeitssituation und professionellen Kompetenzen von MINT-Lehrkräften verschiedener Ausbildungswege*  
ISBN 978-3-8325-5778-2 51.00 EUR
- 374 Mats Kieserling: Digitalisierung im Chemieunterricht *Entwicklung und Evaluation einer experimentellen digitalen Lernumgebung mit universeller Zugänglichkeit*  
ISBN 978-3-8325-5786-7 45.50 EUR
- 375 Cem Aydin Salim: Die Untersuchung adaptiver Lernsettings im Themenbereich „Schwimmen und Sinken“ im naturwissenschaftlichen Unterricht  
ISBN 978-3-8325-5787-4 40.00 EUR
- 376 Novid Ghassemi: Evaluation eines Lehramtsmasterstudiengangs mit dem Profil Quereinstieg im Fach Physik *Erkenntnisse zu Eingangsbedingungen, professionellen Kompetenzen und Aspekten individueller Angebotsnutzung*  
ISBN 978-3-8325-5789-8 41.50 EUR

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN direkt online (<http://www.logos-verlag.de>) oder telefonisch (030 - 42 85 10 90) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht zielt das Lernen in Kontexten primär darauf ab, die Lernenden näher an ihre Lebenswelt heranzuführen und so ihr Interesse zu steigern. Die vorliegende Studie fokussiert die Wahrnehmung und Wirksamkeit authentischer Kontexte mit physikalisch-technischem Bezug im Lehr-Lern-Labor und nimmt dabei sowohl die Lernenden als auch zukünftige Lehrende in den Blick.

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurde das Potenzial von authentischen Kontexten im Bereich von Physik und Technik zur Förderung affektiver Merkmale wie Interesse, Einstellungen und Fähigkeitsselbstkonzept sowohl bei Lehramtsstudierenden wie bei Schüler:innen der Sekundarstufe I untersucht. In zwei Interventionsstudien wurden Themen aktueller Forschung als authentische Lernkontexte im Setting eines Lehr-Lern-Labors eingesetzt. Die empirische Prüfung der Interventionswirkung erfolgte anhand eines quantitativen, quasi-experimentellen Designs mit insgesamt  $N = 176$  Lehramtsstudierenden und  $N = 1.156$  Schüler:innen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die stark fachlich geprägten Forschungsprojekte didaktisch aufbereitet als Lehr-Lern-Material von den Proband:innen authentisch eingeschätzt werden. Das Lernen mit solchen Kontexten ermöglicht eine positive Entwicklung affektiver Merkmale sowohl bei den Lehramtsstudierenden als auch bei den Schüler:innen.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-5605-1