

Studien zum Physik- und Chemielernen

H. Niedderer, H. Fischler, E. Sumfleth [Hrsg.]

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

λογος

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Hans Niedderer, Helmut Fischler und Elke Sumfleth

Diese Reihe im Logos-Verlag bietet ein Forum zur Veröffentlichung von wissenschaftlichen Studien zum Physik- und Chemielernen. In ihr werden Ergebnisse empirischer Untersuchungen zum Physik- und Chemielernen dargestellt, z. B. über Schülervorstellungen, Lehr-/Lernprozesse in Schule und Hochschule oder Evaluationsstudien. Von Bedeutung sind auch Arbeiten über Motivation und Einstellungen sowie Interessensgebiete im Physik- und Chemieunterricht. Die Reihe fühlt sich damit der Tradition der empirisch orientierten Forschung in den Fachdidaktiken verpflichtet. Die Herausgeber hoffen, durch die Herausgabe von Studien hoher Qualität einen Beitrag zur weiteren Stabilisierung der physik- und chemiedidaktischen Forschung und zur Förderung eines an den Ergebnissen fachdidaktischer Forschung orientierten Unterrichts in den beiden Fächern zu leisten.

Hans Niedderer

Helmut Fischler

Elke Sumfleth

Studien zum Physik- und Chemielernen

Band 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

Logos Verlag Berlin



Studien zum Physik- und Chemielernen

Hans Niederer, Helmut Fischler, Elke Sumfleth [Hrsg.]

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.

© Copyright Logos Verlag Berlin GmbH 2019

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-5036-3

ISSN 1614-8967



Logos Verlag Berlin GmbH
Comeniushof, Gubener Str. 47,
D-10243 Berlin

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

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

<https://www.logos-verlag.de>



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

HZDR

HELMHOLTZ ZENTRUM
DRESDEN ROSSENDORF

DER EINFLUSS VON BETREUUNG UND
BETREUENDEN AUF DIE WIRKSAMKEIT VON
SCHÜLERLABORBESUCHEN

Eine Zusammenhangsanalyse von Betreuungsqualität,
Betreuermerkmalen und Schülerlaborzielen sowie
Replikationsstudie zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen

FLORIAN SIMON

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)
eingereicht am Fachbereich Mathematik und Naturwissenschaften (Professur für
Physikdidaktik) an der Technischen Universität Dresden.

DISSERTATION

Der Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen: Eine Zusammenhangsanalyse von Betreuungsqualität, Betreuermerkmalen und Schülerlaborzielen sowie Replikationsstudie zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen.

Vorgelegt von: **Florian Simon**
Gutachter: Prof. Dr. Gesche Pospiech
Prof. Dr. Andreas Müller
Eingereicht am: 28.05.2019
Verteidigt am: 21.08.2019

HINWEIS

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beide Geschlechter.

TEXTSATZ

Erstellt in L^AT_EX auf Basis der Vorlage von André Miede (www.miede.de), lizenziert unter **CC BY-NC-SA 3.0**.

KURZFASSUNG

Ausgangspunkt & Forschungsinteresse

Schülerlabore haben sich mit ihrer Erfolgsformel, Wissenschaft in authentischen und forschungsnahen Settings erlebbar zu machen, in Deutschland und in Teilen Europas als erfolgreiche außerschulische Lernorte etabliert. Studien zeigen, dass Schülerlabore über das Potential verfügen, kurzfristig aktuelles Interesse hervorzurufen, das Selbstkonzept von Lernenden zu stärken, das Image von Naturwissenschaften positiv zu beeinflussen und stellenweise sogar die Lernmotivation zu steigern.

Die vorliegende Dissertation verfolgt das Ziel, den Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen systematisch zu untersuchen (Forschungsfrage). Außerdem wurden Hypothesen integriert, welche die Reproduzierbarkeit ausgewählter bisheriger Befunde prüfen:

1. *Forschungsfrage*: Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Zielvariablen von Schülerlaboren (aktuelles Interesse, Fach- und Sachinteresse, Image von Physik, Selbstwirksamkeitserwartung), der Qualität der Betreuung und der professionellen Handlungskompetenz von Betreuenden?
2. *Replikationshypothesen* zu folgenden Aspekten: Interessengenese (aktuelles und dispositionales Interesse), Beeinflussung der Selbstwirksamkeitserwartung der Lernenden und des Images von Physik.

Darüber hinaus wurden spezifische Wirkungen des Laborbesuchs auf die Einstellungen und Vorstellungen der Lernenden zur Thematik des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“ untersucht (Interesse, Argumentationsfähigkeit, Fehlvorstellungen, Angst vor Strahlung).

Erhebung und Methodik

Zur Prüfung der Hypothesen und Beantwortung der Forschungsfrage wurden die Angaben von 1490 Lernenden (54 Gymnasial- und 26 Oberschulklassen der Klassenstufe 9 bis 13 – Fragebogen im Pre-Post-Design) und 13 Betreuenden analysiert (Professionswissenstest für Betreuende). Neben in der Schülerlaborbegleitforschung etablierten Likert-Skalen kamen auch neu entwickelte psychometrische Skalen zur Erfassung der von Lernenden wahrgenommenen Betreuungsqualität zum Einsatz (z.B. Kognitive Aktivierung oder Betreuer-Schüler-Beziehung). Dabei handelt es sich durchweg um reliable Skalen (Cronbachs $\alpha \approx 0.8$), die zudem als valide angesehen werden können. Exemplarisch zeigt sich etwa für die Skala *Betreuer-Schüler-Beziehung* ($\alpha = 0.86$) im Rahmen der Kreuzvalidierung ein sehr hoher Grad der Übereinstimmung ($r_{pt} = 0.75$) mit der empirisch gut abgesicherten Skala *Equity* ($\alpha = 0.82$) des WIHIC-Fragebogens (Dorman, 2003).

Methodisch erfolgte die Auswertung der Hypothesen durch Pre-Post-Vergleiche mittels Signifikanztests unter Angabe der Effektstärke (Cohens d). Die Untersuchung der Zusammenhänge wurde im Rahmen der Forschungsfrage durch

Mehrebenenanalysen durchgeführt, mit denen Regressionen unter Beachtung der hierarchischen Struktur der Stichprobe möglich sind. Ein Strukturgleichungsmodell setzt die gefundenen Zusammenhänge miteinander in Verbindung und prüft diese im Sinne eines Gesamtmodells.

Ausgewählte Ergebnisse

WIRKSAMKEIT DES LABORBESUCHS (REPLIKATIONSHYPOTHESEN) Festzuhalten ist insgesamt, dass der Laborbesuch zunächst unabhängig von Geschlecht, Schulart oder Interessentyp für alle Schülerinnen und Schüler generell in positiver Weise wirkt. Insbesondere Mädchen sowie wenig bis moderat naturwissenschaftlich interessierte Lernende profitieren von dem Schülerlaborbesuch. Negative Effekte waren nicht zu erwarten und wurden auch nicht gefunden.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Schülerlaborbesuch beim Großteil der Schülerinnen und Schüler aktuelles Interesse hervorruft. Jungen sowie stark naturwissenschaftlich interessierte Lernende weisen dabei ein geringfügig höheres aktuelles Interesse in allen drei Komponenten auf. Während des Laborbesuchs sind die psychologischen Grundbedürfnisse – das Erleben von Autonomie, eigener Kompetenz und sozialer Eingebundenheit – befriedigt.

Der Laborbesuch hat einen positiven kleinen Effekt auf das Sachinteresse für Physik ($d=0.21$) und das Fachinteresse ($d=0.26$). Zudem wird die Einstellung zu naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen positiv beeinflusst ($d=0.27$). Am stärksten ist die Veränderung für Jungen ($d=0.35$). Erfreulich ist ebenfalls die kleine Imageverbesserung durch den Schülerlaborbesuch; dies gilt für das Image von Physik sowohl bzgl. des Unterrichtsfachs ($d=0.25$) als auch für die Wissenschaft ($d=0.27$). Ein Geschlechtervergleich zeigt, dass diesbezüglich die Effekte für Mädchen am größten ausfallen ($d=0.36$ bzw. $d=0.37$).

Darüber hinaus schafft es der Laborbesuch, einen Einblick in naturwissenschaftliche Forschung zu geben und die Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag zu vermitteln. Weiter zeigen sich positive Auswirkungen auf die Selbstwirksamkeitserwartung bzgl. des Experimentierens im Physikunterricht in der Schule ($d=0.26$); dies gilt wiederum besonders für Mädchen ($d=0.32$). Außerdem wird die Leistungsbereitschaft im Fach Physik gesteigert ($d=0.26$).

EINFLUSS VON BETREUENDEN & BETREUUNG (FORSCHUNGSFRAGE) Obwohl sich die Analysemethoden Mehrebenenanalyse und Strukturgleichungsmodellierung in ihren technischen Grundzügen recht stark unterscheiden, erweisen sich die Resultate beider Analysemethoden als konstant und zeichnen ein gemeinsames und in sich schlüssiges Gesamtbild:

In Bezug auf den Einfluss der Betreuungsqualität zeigt sich sowohl in den Mehrebenenanalysen als auch in dem Strukturgleichungsmodell die positive Wirkung aller hier untersuchten Betreuungsmerkmale (Kognitive Aktivierung, Konstruktive Unterstützung, Lernförderliches Klima, Klarheit und sinnstiftende Kommunikation) auf die Zielvariablen. Insbesondere die emotionale und wertebezogene Komponente des aktuellen Interesses wird in vergleichsweise hohem Maße durch die Betreuungsqualität beeinflusst: In den Mehrebenenanalysen kann ca. ein Viertel der Varianz dieser beiden Komponenten allein durch die Betreuungsqualität erklärt werden.

Besonders in dem Strukturgleichungsmodell zeigt sich dabei deutlich, dass die positive Wirkung der Betreuung vor allem auf die *kognitiven Aspekte* (Aktivierung und Klarheit | standardisierter Pfad- & Regressionskoeffizient $\beta^{std} = 0.42$) und weniger auf die *sozialen Aspekte* der Betreuung (Unterstützung, Klima und Kommunikation | $\beta^{std} = 0.12$) zurückgeht.

Den größten direkt auf die Betreuerperson bezogenen Einfluss auf die Zielvariablen stellt die Betreuer-Schüler-Beziehung dar; dies gilt insbesondere für das aktuelle Interesse. Im Strukturgleichungsmodell wird deutlich, dass diese Wirkung nicht direkt, sondern über die Betreuungsqualität vermittelt wird.

Für das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen der Betreuenden konnte kein bedeutender Einfluss auf die Zielvariablen gefunden werden. Dasselbe gilt für die weiteren Aspekte professioneller Handlungskompetenz (Werthaltungen, Motivation und Selbstregulation). Allerdings wirkt das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen der Betreuenden in geringem Maße positiv und unmittelbar auf das Konzeptverständnis der Jugendlichen ($\beta^{std} = 0.08$).

Schlussfolgerungen

Diese Arbeit zeigt die positiven affektiven Wirkungen des außerschulischen Lernortes Schülerlabor und repliziert damit frühere Arbeiten zu Schülerlaboren. Darüber hinaus wird der Einfluss von Betreuenden und Betreuung auf diese Wirksamkeit erstmals im Rahmen einer systematischen Untersuchung betrachtet und ein Wirkmodell abgeleitet.

Erkenntnisse ergeben sich für Schülerlaborbetreibende im Hinblick auf Kompetenzen und Merkmale von Betreuenden und für die Betreuenden hinsichtlich der Gestaltung der Betreuungstätigkeit:

Werden in einem Schülerlabor vor allem affektive Ziele verfolgt (also eher Interessengenerierung, Imageverbesserung und Motivationssteigerung), so unterstreichen die Ergebnisse besonders die Bedeutung der sozialen Fähigkeiten der Betreuenden. Fach- und fachdidaktisches Wissen der Betreuenden (ein hinreichend hohes Niveau vorausgesetzt) spielen nur eine untergeordnete Rolle. Liegt der Fokus hingegen auf dem Wissenserwerb und Konzeptverständnis der Lernenden (verfolgen Schülerlaborbetreibende also eher kognitive Ziele), so steht erwartungsgemäß das Fach- und fachdidaktische Wissen der Betreuenden im Vordergrund.

Gute Betreuung im Schülerlabor ist gekennzeichnet von allen der hier untersuchten Qualitätsmerkmalen; von besonderer Bedeutung sind jedoch die beiden Merkmale *kognitive Aktivierung* und *Klarheit* – also die kognitiven Aspekte von Betreuung. Betreuende sind somit gefordert, die Aufgaben klar zu strukturieren, die Jugendlichen zu einem vertieften fachlichen Nachdenken über die Inhalte des Versuchstags anzuregen und sie in besonderem Maße auf kognitiver Ebene zu unterstützen.

Die Besonderheit der vorliegenden Studie ist es, dass sie über diese allgemein formulierten Zusammenhänge hinaus aufzeigt, wie sich neben dem Professionswissen von Betreuenden auch die soziale Kompetenz auf die einzelnen Aspekte von wahrgenommener Betreuungsqualität auswirkt und wie diese wiederum affektive und kognitive Zielvariablen beeinflussen.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
I THEORETISCHER RAHMEN & FORSCHUNGSSTAND		
2	LERNORT SCHÜLERLABOR	7
2.1	Was sind Schülerlabore?	7
2.2	Das Schülerlabor DeltaX	11
2.3	Forschungsstand	13
2.4	Forschungslücken	21
3	FORSCHUNGSGEGENSTAND	25
3.1	Zielvariablen von Schülerlaboren aus pädagogisch-psychologischer Perspektive	25
3.2	Einfluss von Betreuung auf die Zielvariablen	34
3.3	Professionelle Handlungskompetenz	36
3.4	Die Qualität der Betreuung im Schülerlabor	49
3.5	Interessentypen von Schülern	63
3.6	Wirk- & Untersuchungsmodell	65
II ZIELE & KONZEPTION DER STUDIE		
4	HYPOTHESEN & FORSCHUNGSFRAGE	69
4.1	Hypothesen	69
4.2	Forschungsfrage	71
5	KONZEPTION & METHODIK DER STUDIE	73
5.1	Organisatorischer Rahmen	73
5.2	Anlage und Design der Untersuchung	80
5.3	Erhebungsinstrumente	83
5.4	Prüf- und Auswertungsmethoden	98
6	STATISTISCHE ANALYSEVERFAHREN	101
6.1	Gütekriterien	101
6.2	Item- und Skalenwerte	102
6.3	Prüfung der Skalengüte	105
6.4	Latente Klassenanalyse	111
6.5	Explorative Datenanalyse: Untersuchung von Zusammenhängen	112
6.6	Mehrebenenanalyse	116
6.7	Strukturgleichungsmodelle	124
6.8	Untersuchung von Unterschieden	127
6.9	Software	137
7	PRÜFUNG DER ERHEBUNGSINSTRUMENTE	139
7.1	Fragebogen für Lernende (T1 & T2)	140
7.2	Professionswissenstests und Fragebogen für Betreuende (To)	181
7.3	Ratingbogen	187

III EMPIRISCHE FORSCHUNGSERGEBNISSE

8	ERGEBNISSE DER HAUPTUNTERSUCHUNG	191
8.1	Stichprobe und Mehrebenenstruktur	191
8.2	FFo: Identifikation von Teilgruppen	193
8.3	H1: Interessengeneese & Akzeptanz	206
8.4	H2: Einstellung zu naturwissenschaftlichen Tätigkeitsfeldern	214
8.5	H3: Adäquate Wahrnehmung von Naturwissenschaften	218
8.6	H4: Auswirkung auf konventionellen Unterricht	223
8.7	H5: Einstellungen und Vorstellungen zu Radioaktivität	227
8.8	FF(a): Betreuermerkmale & Zielvariablen	233
8.9	FF(b): Betreuermerkmale & Betreuungsqualität	252
8.10	FF(c): Betreuungsqualität & Zielvariablen	264
8.11	Zusammenfassung der Mehrebenenanalysen (FFa, b & c)	275
8.12	Bedeutung von Fach- & fachdidaktischem Wissen im Schülerlabor	279
8.13	Strukturgleichungsmodell der Zusammenhänge	282
9	ZUSAMMENFASSUNG, DISKUSSION UND EMPFEHLUNGEN	289
9.1	Zusammenfassung und Diskussion	289
9.2	Handlungsempfehlungen für den Betrieb von Schülerlaboren	306
9.3	Implikationen für die Schülerlaborbegleitforschung	309

Anhang

A	ERHEBUNGSINSTRUMENTE: T0	315
A1	Dokumentation der Aufgaben und Items (Betreuer-Test)	315
A2	Fragebogen für Betreuende (Auszug)	359
A3	Fachwissenstest für Betreuende (Auszug)	361
A4	Test von fachdidaktischem Wissen für Betreuende (Auszug)	363
A5	Test von pädagogischem Wissen für Betreuende (Auszug)	365
B	ERHEBUNGSINSTRUMENTE: T1 & T2	367
B1	Dokumentation der Items (Fragebogen für Lernende)	367
B2	Fragebogen T1 zu Zielvariablen des Schülerlaborbesuchs	387
B3	Fragebogen T2 zu Zielvariablen und Betreuungsqualität	393
B4	Itemübersicht des WIHIC-Fragebogens	401
B5	Fragebogen zum Vergleich mit den WIHIC-Skalen	405
C	RATINGBOGEN	409
C1	Itemsammlung des Ratingbogens	409
C2	Ratingbogen zur Erfassung der Betreuungsqualität	423

Verzeichnisse & Abspann

Literaturverzeichnis	427
Abbildungsverzeichnis	443
Tabellenverzeichnis	447
Abkürzungsverzeichnis	451
Danksagung	453
Selbstständigkeitserklärung	455

EINLEITUNG

Schülerlabore haben sich mittlerweile in Deutschland und in Teilen Europas als außerschulische Lernorte etabliert. Ursache dieser Entwicklung stellen im Wesentlichen *drei Schlüsselbefunde* dar:

Zum einen offenbarten um die Jahrtausendwende veröffentlichte *internationale Vergleichsstudien* wie TIMSS (Baumert et al., 2000) oder PISA (Prenzel et al., 2003) teils ernüchternde Ergebnisse. Defizite offenbarten sich vor allem in mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzbereichen. Zum anderen zeigte die IPN-Interessenstudie (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998) ein *abnehmendes Interesse an naturwissenschaftlichen Schulfächern* (mit Ausnahme von Biologie) im Verlauf der Schulzeit der Lernenden. Insbesondere Chemie und Physik, die als unbeliebteste Schulfächer gelten, rufen die größte Ablehnung hervor; was auch Auswirkungen auf die Studien- und Berufswahl hat (Merzyn, 2008; Muckenfuß, 1995). Diese Interessenabnahme in naturwissenschaftlichen Fächern bekam nun vor allem im Hinblick auf den *Fachkräftemangel* eine große volkswirtschaftliche Bedeutung (Domjahn, 2013; Zwick & Renn, 2000).

Mittlerweile sind vielfältige außerschulische Lernangebote entstanden (zu denen neben Schülerlaboren auch Science Center und Museen, sowie sonstige Exkursionen zählen), die dieser Befundlage entgegenwirken. Das Prinzip von Schülerlaboren ist es, Wissenschaft durch erfahrungsbasierte Zugänge erlebbar zu machen. Durch facettenreiche und herausfordernde Aufgaben und Tätigkeiten in einer realitätsnahen Umgebung bietet sich für Lernende ein authentischer Zugang zu Naturwissenschaften und Technik. Diese Formel hat sich als tragfähig und höchst erfolgreich erwiesen (Euler, 2010). So ist etwa die Zahl der Studienanfänger(-innen) in allen sogenannten MINT-Fachrichtungen (zusammenfassende Bezeichnung von Unterrichts- und Studienfächern bzw. Berufen aus den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) stark angestiegen (vgl. z.B. die Arbeitsmarktberichterstattung der Bundesagentur für Arbeit: Beckmann & Klaus, 2016). Auch die Beschäftigung hat sich in vielen MINT-Berufsgruppen positiv entwickelt. Einen generellen Fachkräftemangel in MINT-Berufen gibt es derzeit nicht. Dies ist an sich ein sehr positiver Befund, Entwarnung gibt die Veröffentlichung der Bundesagentur für Arbeit aber nicht: Denn insgesamt steigt die Nachfrage nach MINT-Arbeitskräften. Vor allem bei Fachkräften mit beruflicher Ausbildung könnte sich diese Nachfrage zukünftig weiter verstärken und ausweiten.

Schülerlabore verfolgen das Primärziel, das Interesse der Lernenden für Naturwissenschaft und Technik zu fördern, ein zeitgemäßes Bild (Image) von Naturwissenschaft und naturwissenschaftlichen Berufsbildern zu vermitteln und einen Einblick in aktuelle Forschungsfelder zu bieten. Dabei soll Schülerinnen und Schülern die Entfaltung ihrer individuellen Stärken ermöglicht werden (Euler, Schüttler & Hausamann, 2015). Auf diese eher affektiven Zielsetzungen hat sich auch die Schülerlaborbegleitforschung konzentriert. In den Studien zeigt

sich, dass Schülerlabore von Lernenden sehr gut angenommen werden und über das Potential verfügen, kurzfristig aktuelles Interesse hervorzurufen und das Selbstkonzept zu stärken (vgl. z.B. Brandt, 2005; Engeln, 2004; Pawek, 2009). Die Lernmotivation im Schülerlabor steigt und auch das Image von Naturwissenschaft kann durch den Laborbesuch positiv beeinflusst werden (vgl. z.B. Molz, 2016; Weßnigk, 2013). Diese positive Wirkung von Schülerlaboren scheint sich vor allem auf die vorher unbekanntes und interessanten Laborumgebungen und die sich dort bietenden selbstständigen Experimentiermöglichkeiten zurückführen zu lassen (laborbezogene Einflussfaktoren).

Aber auch die Betreuungsqualität am Versuchstag wird als wichtige (personelle) Einflussgröße auf die Wirksamkeit des Schülerlaborbesuchs angeführt. So wird etwa die Instruktionsqualität als bedeutender Prädiktor für das Kompetenzerleben (Zehren, 2009) und als wesentlicher Einflussfaktor auf das Interesse an den Experimenten, Kontexten und der Lernumgebung identifiziert (Glowinski, 2007). Dies gilt besonders für Lernende mit niedrigem individuellen Interesse (Glowinski, 2007; Streller, 2015). Übereinstimmend zeigen Pawek (2009) und Gedigk (2015), dass Betreuung, Atmosphäre und Verständlichkeit einen großen Einfluss auf alle Komponenten des aktuellen Interesses haben.

Obwohl aber der Einflussfaktor „Betreuung“ auf die Wirksamkeit der Schülerlaborbesuche bereits von mehreren Forschungsarbeiten im Bereich Schülerlabor gefunden und explizit benannt wurde, fehlte bisher eine systematische Untersuchung zum Einfluss von Betreuenden und Betreuung auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren. Die vorliegende Arbeit möchte einen Beitrag zur Schließung dieser Forschungslücke leisten und fokussiert sich aus diesem Grund auf das Zusammenspiel von *Eigenschaften und Merkmalen von Betreuenden*, der von Lernenden wahrgenommenen *Qualität der Betreuung* während des Laborbesuchs und den oben angeführten *Zielen von Schülerlaboren*.

In diesem Zusammenhang wird es erforderlich, die systematische Untersuchung der Wirkung von Betreuenden und Betreuung nicht nur auf eine *Zielvariable* (z.B. aktuelles Interesse) auszurichten, sondern im Hinblick auf ein aussagekräftiges Gesamtbild auf mehrere Variablen auszudehnen, welche die Ziele von Schülerlaboren beschreiben (vgl. Euler et al., 2015) – z.B. zusätzlich auf die Selbstwirksamkeitserwartung bzw. das Image).

Unerlässlich wird somit die Erhebung von Konstrukten, die die Wirksamkeit von Schülerlaboren beschreiben. Daher kann diese Arbeit gleichzeitig prüfen, inwiefern bisherige Ergebnisse der Schülerlaborbegleitforschung reproduziert werden können. Diese Aufgabe ist von großer Bedeutung, da die Replikation einzelner Forschungsergebnisse das Grundprinzip reliabler Forschung darstellt (vgl. Open Science Collaboration, 2015) und somit gerade im Hinblick auf Konstrukte, die bisher kaum untersucht wurden (wie dem Image von Naturwissenschaften) wichtig ist.

Da nicht davon auszugehen ist, dass die verschiedenen Qualitätsmerkmale der Betreuung bzw. die Betreuenden selbst auf alle Schülerinnen und Schüler auf die gleiche Weise wirken, sollen zudem Teilgruppenvergleiche durchgeführt werden. So können die Wirkungen auf eine bestimmte Zielvariable z.B. für Schularten getrennt analysiert werden. Vielversprechend und im Forschungsbereich Schü-

lerlabor inzwischen üblich, sind neben den Teilgruppenvergleichen die sich aus den kategorischen Subgruppen der Stichprobe ergeben (wie etwa Schulart und Geschlecht), auch Vergleiche zwischen sog. *Interessentypen*, die anhand unterschiedlicher Interessenprofile der Lernenden klassifiziert werden (vgl. z.B. Pawek, 2009; Streller, 2015; Weßnigk, 2013).

Darüber hinaus ist es ein wichtiges Ziel dieser Untersuchung – auf Basis von theoretischen Überlegungen und den sich in den Analysen zeigenden Zusammenhängen – ein *Gesamtmodell* zum Einfluss von Betreuenden und Betreuung auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen aufzustellen und empirisch zu überprüfen. In dem Modell sollen alle wesentlichen Variablen enthalten sein und die zwischen diesen Variablen bestehenden Wirkzusammenhänge abbildet werden.

DATENERHEBUNG Das Forschungsinteresse erforderte es, auf insgesamt drei Forschungsdisziplinen – Schülerlabor-, Lehrerprofessions- und Unterrichtsforschung – zurückzugreifen und umfangreiche Daten von Lernenden und Betreuenden am Schülerlabor DeltaX am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf zu erheben. Der Erhebungszeitraum dauerte von Oktober 2016 bis April 2018. Durch Fragebögen im Pre-Post-Design wurden (nach einer Pilotierungsphase mit $N = 74$) für die Hauptstudie Angaben von $N = 1627$ Lernenden aufgenommen (54 Gymnasial- und 26 Oberschulklassen der Klassenstufe 9 bis 13). Davon konnten 1490 (91.6%) für die Analysen herangezogen werden; die übrigen wurden anhand einiger Ausschlusskriterien nicht berücksichtigt. Die Schülerinnen und Schüler wurden dabei von $N = 15$ Betreuenden während der Experimentiertage im Erhebungszeitraum angeleitet. Von den Betreuenden wurden durch Professionswissenstests und Fragebögen das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen, sowie weitere Aspekte professioneller Handlungskompetenz erhoben. Zudem wurde die Laboraktivität an 49 Experimentiertagen durch einen Beobachtungsbogen erfasst.

AUFBAU DER ARBEIT In dem **ersten Teil der Arbeit** wird zunächst der theoretische Rahmen und der Forschungsstand erläutert. Dazu erfolgt in **Kapitel 2** die Begriffsdefinition und das zugrundeliegende Konzept des außerschulischen Lernorts Schülerlabor. Es werden zudem zentrale Ergebnisse der Schülerlaborbegleitforschung zusammengefasst und Forschungslücken aufgezeigt. In **Kapitel 3** wird das theoretische Fundament der Untersuchung beschrieben. Besonders für diese Untersuchung ist, dass neben den in der Schülerlaborforschung „üblichen“ Zielvariablen von Schülerlaboren ebenfalls der Aspekt der Betreuenden und der Betreuung beleuchtet wird. Daher enthält dieses Kapitel Konstrukte, Konzepte und Befunde aus der Schülerlabor-, Lehrerprofessions- und Unterrichtsforschung.

Der **zweite Teil** beschreibt die Zielstellung und Konzeption der Untersuchung. Dazu sind in **Kapitel 4** die Hypothesen und die Forschungsfrage dieser Untersuchung formuliert, die sich aus dem Forschungsstand und der sich daraus ergebenden Forschungslücke ergeben. Die Hypothesen stellen hauptsächlich Replikationen bisheriger Ergebnisse dar und die Forschungsfrage dieser Studie adressiert den bisher nicht bis kaum untersuchten Einfluss von Betreuenden auf

die Wirksamkeit von Schülerlaboren. In [Kapitel 5](#) wird anschließend die Konzeption der Untersuchung vorgestellt. Dazu wird zunächst der organisatorische Rahmen dargelegt und das Untersuchungsmodell aufgestellt. Darauf aufbauend wird das Design und die Anlage der Untersuchung ausgeführt, sowie der Einsatz und die Konstruktion der Erhebungsinstrumente beschrieben. In [Kapitel 6](#) werden die zur Beantwortung der Forschungsfrage und Prüfung der Hypothesen nötigen und in dieser Arbeit verwendeten statistischen Analyseverfahren erläutert. Neben allgemeinen Gütekriterien werden wichtige Item- und Skalenwerte angegeben und das Prinzip der Latenten Klassenanalyse erläutert. Insbesondere werden die für diese Untersuchung zentralen Auswertungsmethoden Mehrebenenanalyse und Strukturgleichungsmodellierung beschrieben. Schließlich ist in [Kapitel 7](#) die Prüfung, Analyse und die sich daraus ergebende Anpassung der eingesetzten Messinstrumente dokumentiert.

Im **dritten Teil** erfolgt die Auswertung der Hauptergebnisse. Dazu werden in [Kapitel 8](#) die Analysen der Hypothesen und der Forschungsfrage dieser Arbeit dargelegt. Zunächst wird die Stichprobe beschrieben und die Klassifizierung der Lernenden anhand unterschiedlicher Interessenprofile mittels Latenter Klassenanalyse vorgenommen. Im Anschluss erfolgt die Auswertung der Hypothesen (hauptsächlich Replikation bisheriger Ergebnisse) und der Forschungsfrage (Einfluss von Betreuenden und Betreuung auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren). Abschließend wird ein Strukturgleichungsmodell aufgestellt, welches diese gefundenen Zusammenhänge enthält, miteinander in Verbindung setzt und im Rahmen eines Gesamtmodells prüft. In dem letzten [Kapitel 9](#) werden die in der Untersuchung gewonnenen wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert. Hiernach werden anhand der erlangten Befunde Handlungsempfehlungen für Schülerlaborbetreibende, sowie Implikationen für die Schülerlaborbegleitforschung formuliert, die interessant für Folgeuntersuchungen erscheinen.

Teil I

THEORETISCHER RAHMEN &
FORSCHUNGSSTAND

LERNORT SCHÜLERLABOR

In diesem Kapitel erfolgt die Vorstellung des außerschulischen Lernortes *Schülerlabor*. Dazu wird zunächst das Konzept von Schülerlaboren erläutert, Ziele genannt und Spielarten aufgezeigt. Im Anschluss daran erfolgt die Kurzvorstellung des Schülerlabors DeltaX am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, da die vorliegende Untersuchung in diesem Labor durchgeführt wurde. Schließlich werden zentrale Ergebnisse der Schülerlaborbegleitforschung zusammengefasst und Forschungslücken aufgezeigt.

2.1 WAS SIND SCHÜLERLABORE?

Der Begriff Schülerlabor ist nicht geschützt und subsumiert eine Vielzahl von Einrichtungen, Aktivitäten und Veranstaltungen. Für eine Definition des Begriffs haben daher Haupt et al. (2013) die gegenwärtige Schülerlaborlandschaft im deutschsprachigen Raum analysiert und konnten ein gemeinsames Leitbild, sowie Primärziele der Gesamtheit der Schülerlabore aufzeigen. Eine Kategorisierung der verschiedenen Schülerlabore wird ebenfalls vorgenommen.

Ein **Schülerlabor** ist nach Haupt et al. (2013) ein außerschulischer MINT-Lernort, an dem Schüler(-innen) schwerpunktmäßig eigenständig experimentieren können.

LEITBILD / ZIELE Nach Euler et al. (2015) verfolgen Schülerlabore das Ziel, wichtige gesellschaftliche und volkswirtschaftliche Ziele wahrzunehmen:

1. Förderung von Interesse für Naturwissenschaft und Technik,
2. Imageverbesserung naturwissenschaftlicher Berufsbilder,
3. Ermöglichen zur Entfaltung individueller Stärken (Selbstwirksamkeit),
4. Einblick in Forschung gewähren, also:
 - Möglichkeit bereitstellen, authentische Problemstellungen aus moderner Wissenschaft zu bearbeiten
 - Erfahrung von typischen Aufgaben und Rollenbildern von Wissenschaftlern (besonders für Mädchen).

Es geht damit vor allem um die *aktive* Auseinandersetzung mit einem naturwissenschaftlichen Thema in einer *authentischen Umgebung*. In diesem Sinne soll die aktive Auseinandersetzung in Form von *Forschendem Lernen (Inquiry based Learning)* erfolgen: Beim Forschenden Lernen wird Lernen nicht als bloße Wissensanhäufung verstanden, sondern als ein ergebnisoffener und dynamischer Prozess, bei dem das forschende Individuum im Mittelpunkt steht. Forschend und konstruierend-entwickelnd zu lernen ist ein natürlicher und authentischer Zugang zu



Abb. 1: Gelingensbedingungen für das forschende Lernen im Schülerlabor (Euler et al., 2015).

Naturwissenschaften und Technik, der ein vielfältiges, offenes, herausforderndes, aber zugleich auch ein systematisch strukturiertes und unterstützendes Lernumfeld erfordert. Fächerübergreifendes Denken und Arbeiten sind dabei keine Ausnahmen, sondern eine Selbstverständlichkeit (Euler, 2010; Forschendes-Lernen.net, 2018; Lazonder, 2014). Lernende entwickeln (idealerweise selbstständig) eine für sie relevante Fragestellung oder Hypothese, suchen mithilfe verschiedener Methoden nach Antworten, können den Forschungsprozess selbst gestalten und reflektieren, sowie ihre Ergebnisse aufbereiten und präsentieren. Euler et al. (2015) fassen die Gelingensbedingungen für das forschende Lernen im Schülerlabor in Form einer spiralförmigen Checkliste zusammen (vgl. Abb. 1). Dies entspricht dem zyklischen Charakter der Arbeitsweise im Labor: die Lernenden starten bei Bekanntem, beschreiben Unterstützungsmaßnahmen und gehen hin zu Reflexion, Bewertung und Verortung des Gelernten.

Zentral für die Schülerlaborszene ist der „Bundesverband der Schülerlabore e.V.“ (*LernortLabor*, kurz LeLa) – dieser Dachverein erfasst im deutschsprachigen Raum (Dezember 2018) knapp 400 Schülerlabore aus allen o.g. Kategorien (vgl. Abb. 2). Die Vision von LeLa ist es, fachkundiger Ansprechpartner für seine Mitglieder, Akteure der Bildungsszene sowie für Politik, Wirtschaft und die interessierte Gesellschaft zu sein (LernortLabor.de, 2018a). Momentan stellt der Verband die führende Interessenvertretung der Schülerlabore im deutschsprachigen Raum dar. Abb. 3 zeigt alle von LeLa erfassten Schülerlabore (Stand: Dezember 2018), unabhängig davon ob diese dem Bundesverband angehören oder nicht.

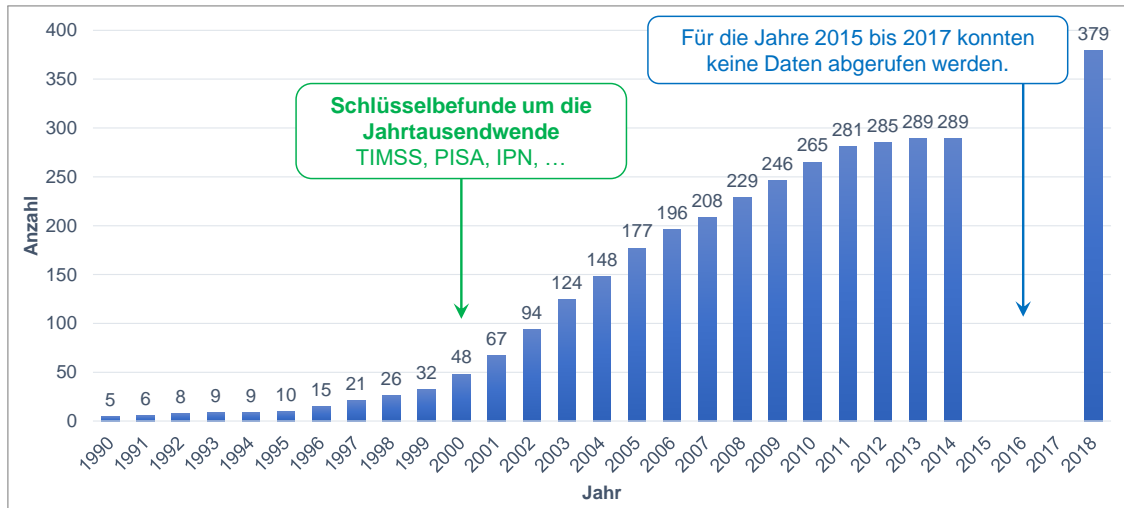


Abb. 2: Schülerlaborneugründungen (kumulativ). Eigene Darstellung auf Basis der Daten von LernortLabor.de, 2018 / Stand: Dezember 2018).

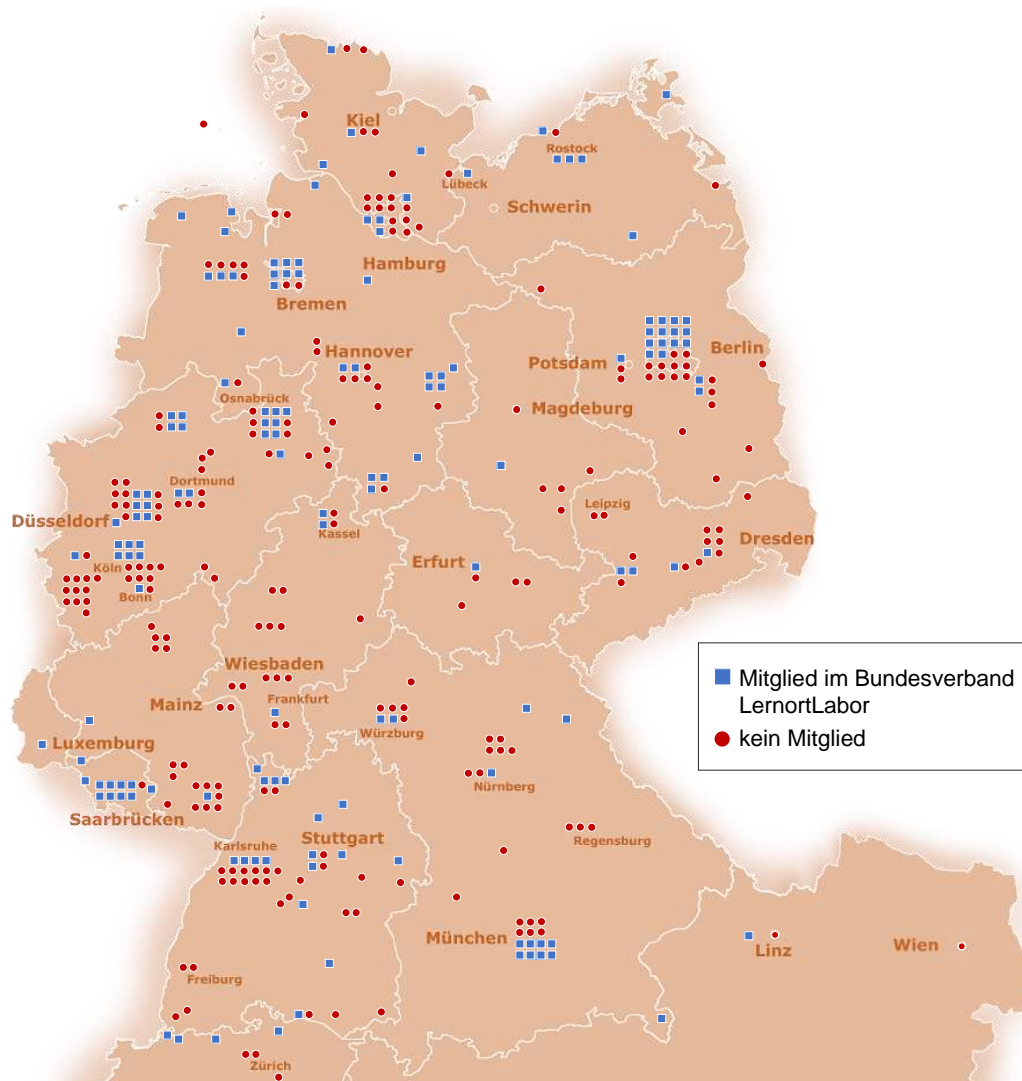


Abb. 3: Schülerlabore im deutschsprachigen Raum (LernortLabor.de, 2018 / Stand: Dezember 2018).

Tab. 1: Kategorisierung von Schülerlaboren im deutschsprachigen Raum nach Haupt et al. (2013).

KATEGORIE	EIGENSCHAFTEN / MERKMALE
A Klassisches Schülerlabor	- Breitenförderung: ganze Klassen oder Kurse - im Rahmen schulischer Veranstaltungen mit direktem Bezug zum Lehrplan
B Schülerforschungszentrum	- Individualförderung: interessierte Kinder und Jugendliche - außerhalb schulischer Veranstaltungen - langfristiges, freies Forschen oder Experimentieren - kein expliziter Lehrplanbezug
C Lehr-Lern-Labor	- Bestandteil der Lehrerausbildung an Hochschulen - Lehrplan-unterstützend
D Schülerlabor zur Wissenschaftskommunikation	- Vermittlung der Inhalte aus (eigener) Forschung und Entwicklung
E Schülerlabor mit Bezug zu Unternehmertum	- Vermittlung von Unternehmensprozessen und wirtschaftlichen Zusammenhängen
F Schülerlabor mit Berufsorientierung	- Angebote zur Berufsorientierung

KATEGORISIERUNG Die heterogene Ausrichtung der verschiedenen Schülerlabore im deutschsprachigen Raum ist im Wesentlichen durch die recht vielfältigen Initiatoren bzw. Betreibenden der Labore geschuldet. So verfolgen verschiedene Schülerlabore auch jeweils unterschiedliche Feinziele. Ein Unternehmen etwa erhofft sich vom eigenen Schülerlabor z.B. in besonderem Maße Werbung und Imagepflege, während ein Lehr-Lern-Labor vor allem die Lehrerausbildung anstrebt. Gemeinsam ist allen Einrichtungen jedoch, dass trotz dieser unterschiedlichen Ausrichtungen die Primärziele der Einrichtungen den oben angeführten Zielen nach Euler et al. (2015) entsprechen.

Dennoch verwundert es nicht, dass eine recht große Heterogenität innerhalb der Schülerlaborlandschaft existiert, die sich natürlich auch auf die Vergleichbarkeit der damit verbundenen Forschungsergebnisse auswirkt. Daher ist es wichtig, die Schülerlabore (sowie deren Begleitforschung) nur jeweils innerhalb ihrer jeweiligen Kategorie zu vergleichen. Eine solche Kategorisierung wurde erstmalig von Haupt et al. (2013) vorgenommen. Die Autoren unterscheiden sechs Kategorien (vgl. Tab. 1), wobei das klassische Schülerlabor die „mit Abstand größte Teilgruppe darstellt“ (Molz, 2016, S. 10).

2.2 DAS SCHÜLERLABOR DELTAX

Das Schülerlabor DeltaX ist ein nach Haupt et al. (2013) klassisches Schülerlabor (vgl. Tab. 1 auf Seite 10) am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR).

Während der Schulzeit bietet das Schülerlabor DeltaX i.d.R. von Montag bis Donnerstag sog. *Experimentiertage* für Schulklassen an. An diesen Tagen kommen Lehrkräfte mit bis zu 32 Schülern¹ ans HZDR, um im Schülerlabor zu experimentieren. Insgesamt sind es derzeit vier Experimentiertage, die sich im Verlauf eines Schuljahres immer wieder abwechseln.

EXPERIMENTIERTAGE „Auf der Suche nach Licht und Farbe“ ermöglicht phänomenologische Entdeckungen im Bereich Optik und richtet sich an Schüler der Klassenstufen fünf und sechs. Für Lernende ab Klassenstufe 8 gibt es den thematisch erweiterten und vertieften Experimentiertag „Licht und Farbe“. Rund um die Eigenschaften und Wirkungen von ionisierender Strahlung geht es bei dem Versuchstag „Radioaktivität und Strahlung“, der ab Klassenstufe 9 gebucht werden kann. An Schüler ab Klasse 10 richtet sich der Experimentiertag „Magnetismus“, welcher den Teilnehmern einen erfahrungsorientierten und experimentellem Zugang zu verschiedenen Arten von Magnetismus, Supraleitern und Schwingkreisen bietet.

GENERELLES ABLAUSCHEMA Obwohl die Experimentiertage sich je nach Programm und Klassenstufe in der Dauer unterscheiden, liegt ihnen ein generelles Ablaufschema zugrunde (vgl. Abb. 4):

Nach *Ankunft der Schulklassen* mit Linien- oder Reisebus legen die Teilnehmer ihre Jacken, Rucksäcke und Taschen in der Garderobe ab. Im Seminarraum tragen sie sich in die Zutrittsliste ein, unterschreiben die Sicherheitsbelehrung und erstellen mit Klebeetiketten ein Namensschild.

Es folgt der *Eingangsvortrag*, in dem eine Kurzvorstellung des HZDR als Forschungsstandort, sowie eine thematische Hinführung auf die Inhalte des jeweiligen Experimentiertags (inkl. Sicherheitshinweisen und Belehrung) erfolgt. Danach erst betreten die Schüler den Laborraum des Schülerlabors.

Mit *Beginn der Stationsarbeit* werden die Schüler im Labor in möglichst gleichgroße Gruppen an den Stationstischen verteilt, wobei ein Betreuer pro Stationstisch eingesetzt wird. An jedem Stationstisch findet sich üblicherweise eine Gruppe von bis zu vier Teams à zwei (in Ausnahmefällen drei) Schülern ein (vgl. Abb. 5). Nach kurzer Vorstellung geben die Betreuenden die Stationsanleitungen aus, die die Grundlage zum Experimentieren, Dokumentieren und Auswerten darstellt. Für jede Station steht eine bestimmte Zeit zur Verfügung. Nach Ende dieser Zeit werden die Stationen gewechselt. Dabei können Betreuende entweder bei den Schülern oder an der Station bleiben. Die Arbeit an den Stationen wird durch eine Frühstückspause (15 Minuten) und durch eine Mittagspause (30 bis 45 Minuten) unterbrochen. In beiden Pausen begeben sich die Schüler in die Kantine.

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sofern nicht explizit gekennzeichnet gelten sämtliche Personenbezeichnungen gleichermaßen für beide Geschlechter.



Abb. 4: Der Ablauf eines Experimentiertags im Schülerlabor DeltaX.

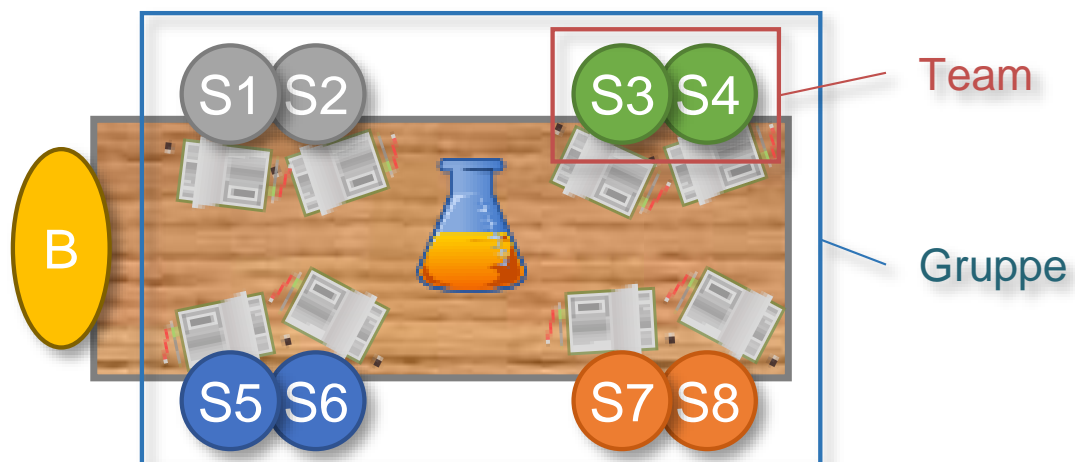


Abb. 5: Gruppenaufteilung am Stationstisch.

Zum *Ende des Experimentiertags* erfolgt i.d.R. noch ein von Betreuern durchgeführtes Abschlussexperiment. Der Versuchstag wird durch eine kurze Zusammenfassung des Tags beendet. Abschließend werden alle Schüler wieder bis zum Eingang begleitet und der Versuchstag ist beendet.

Optional besteht noch die Möglichkeit eines Einblicks in die Forschungsarbeit am Forschungsstandort Rossendorf: Sofern dies von Lehrern gewünscht ist und es durch die Mitarbeiter des HZDR realisierbar ist, kann nach dem Experimentiertag eine Besichtigung eines Forschungslabors angeschlossen werden.

2.3 FORSCHUNGSSTAND

Die Begleitforschung zu Schülerlaboren insbesondere in Form von Dissertationen existiert seit der Gründungsphase der ersten Labore und ist noch recht jung und gut überschaubar. Aufgrund dessen können die zentralen Forschungsergebnisse aus Dissertationen zunächst nach Autor dargelegt und thematisch zusammengefasst werden. Im Anschluss sollen Forschungslücken aufgezeigt und Desiderate abgeleitet werden ([Abschnitt 2.4](#)).

Die im Folgenden zur Beschreibung des aktuellen Forschungsstandes verwendeten fachdidaktischen und psychologischen Konstrukte (z.B. „aktuelles Interesse“ oder „Fähigkeitsselbstkonzept“) werden in [Kapitel 3](#) (Forschungsgegenstand) näher beschrieben.

2.3.1 Zentrale Forschungsergebnisse nach Autor (chronologisch)

ENGELN Die Pionierstudie zu Schülerlaboren wurde von Engeln (2004) durchgeführt und im Rahmen einer Dissertation veröffentlicht. Im Zentrum der Studie steht die Frage, inwieweit Schülerlabore das Potential haben, Interesse an Naturwissenschaften und Technik bei Jugendlichen zu wecken und nachhaltig zu fördern (Fachbereiche Physik und Chemie). Sie zeigt, dass Schülerlabore das Potential haben, aktuelles Interesse kurzfristig zu steigern und identifiziert zusätzlich die personenbezogenen und laborbezogenen Größen, die einen Einfluss auf das aktuelle Interesse haben. Im Falle der personenbezogenen Größen zeigte sich das Sachinteresse als größter Faktor für alle drei Komponenten des aktuellen Interesses (epistemisch, emotional und wertebezogen). Keinen Einfluss auf die Effekte hatte dabei das Geschlecht: Mädchen wie auch Jungen profitieren von Schülerlaborbesuchen gleichermaßen; Mädchen sogar etwas mehr. Dies ist insbesondere erfreulich, da so der Gender-Gap – der sich u.a. auch im Physikunterricht zeigt (vgl. Fruböse, 2010) – verringert bzw. geschlossen wird. Bei den laborbezogenen Faktoren offenbarte sich als Einflussfaktor vor allem die wahrgenommene Herausforderung auf (alle Komponenten) des aktuellen Interesses. Verständlichkeit und Offenheit wirkten nur auf die emotionale Komponente, Authentizität auf die wertebezogene. Für die Laborgröße Zusammenarbeit zeigten sich keine signifikanten Effekte. Insgesamt ergab sich weiter, dass Schülerlabore von den Lernenden sehr positiv wahrgenommen wurden und dabei den Experimenten

zentrale Bedeutung zukommt. Engeln (2004) empfiehlt, die Schülerlaborbesuche in der Schule besser vor- und nachzubereiten, wodurch eine Verlängerung der positiven Effekte möglich werde.

SCHARFENBERG In der Untersuchung von Scharfenberg (2005) zur Akzeptanz von Schülerlaborbesuchen (Fachbereich Biologie) zeigte sich, dass Schülerlabore vor allem durch das Zusammenspiel von außerschulischem Lernort und Experimenten bei den Lernenden Anklang findet. Bezüglich Wissenserwerb ließ sich kein Vorteil von Schülerlaboren gegenüber konventionellem Unterricht feststellen. Zwar war im Labor der Lernzuwachs zunächst größer als in der Schule, dieser Wissensüberschuss fiel aber langfristig auf das gleiche Niveau. Auch Scharfenberg (2005) fordert daher nach Engeln (2004) eine (bessere) Integration des Schülerlaborbesuchs in den Unterrichtsgang. Themenspezifisch zeigte sich im Vergleich zu den Jungen bei Mädchen ein höheres epistemisches Interesse an Genetik. Die Ergebnisse deuten weiter eine erhöhte Lernmotivation im Schülerlabor an, die durch das eigenständige Experimentieren noch weiter gesteigert werden könne. Eine Interessenförderung durch das Experimentieren allein ließ sich nicht bestätigen. Dies passt sehr gut mit der Schlussfolgerung von Engeln (2004) zusammen, wonach außerschulische Lernorte allein noch nichts bewirken, sondern erst in Verbindung mit eigenständigen Experimentiermöglichkeiten ihr volles Potential entfalten.

BRANDT Das für diese Untersuchung herangezogene Labor ist im Fachbereich Chemie angesiedelt. Die Studie von Brandt (2005) untersucht die Wirkung des Laborbesuchs im Hinblick auf das Fähigkeitsselbstkonzept der Lernenden sowie die intrinsische Motivation im schulischen Chemieunterricht: In beiden Fällen wurden positive Effekte nachgewiesen – die jedoch kurzfristig bleiben. Auch weitere geprüfte Variablen änderten sich nicht über einen längeren Zeitraum. Positiv fällt auf, dass durch den Versuchstag die Bereitschaft gestiegen ist, einen Chemie-bezogenen Beruf zu ergreifen und auch der Gender-Gap hinsichtlich des Fähigkeitsselbstkonzepts verringert wird. Schülerlabore scheinen damit also auch über das Potential zu verfügen auf die Berufsorientierung Lernender positiv zu wirken. Auch Brandt (2005) plädiert in seiner Arbeit für die bessere Vorbereitung der Schülerlaborbesuche im Unterricht.

GUDERIAN Die Studie von Guderian (2007) untersucht den Einfluss von mehreren Schülerlaborbesuchen auf die Interessenentwicklung von Lernenden (Fachbereich Physik). Auch diese Arbeit resultiert mit dem Befund, dass die positiven Effekte von Schülerlaboren auf das Interesse (unabhängig vom Alter der Lernenden) nur kurzfristig bleiben. Die Besonderheit dieser Untersuchung ist, dass die Lernenden insgesamt drei mal das Labor besuchten. Auch durch diese mehrmalige Laborbesuche konnte der positive Effekt auf das aktuelle Interesse nicht stabilisiert werden: Tatsächlich sank das Interesse sogar; gleiches gilt für die persönliche Bedeutsamkeit. Dies sei auf einen Gewöhnungseffekt zurückzuführen. Der Autor weist hier erstmals auf die Bedeutsamkeit für den sog. *Novelty Space* von Schülerlaborbesuchen (vgl. auch Molz, 2016; Orion & Hofstein, 1994) hin.

GLOWINSKI Die Studie von Glowinski (2007) forciert analog zu Engeln (2004) die Einordnung von Größen, die einen Einfluss auf das aktuelle Interesse haben (Fachbereich Biologie). Das aktuelle Interesse konnte faktorenanalytisch in die Aspekte Experimentieren, Authentizität und Kontexte aufgetrennt werden. Ein besonders hohes aktuelles Interesse kam dabei (unabhängig vom Geschlecht) dem Experimentieren zu, was sich mit den Befunden von Engeln (2004) deckt. Als Einflussvariablen auf das aktuelle Interesse konnten das individuelle Sachinteresse, die Instruktionsqualität, sowie der gewonnene Einblick in die Forschung identifiziert werden. Für Lernende mit niedrigem individuellem Sachinteresse zeigte sich die Instruktionsqualität als bedeutendster Faktor. Die Ergebnisse untermauern weiter die Bedeutung der psychologischen Grundbedürfnisse, *engl. Basic Needs*, nach Deci und Ryan (2000) für die Genese aktuellen Interesses. Als bedeutsamer Prädiktor für die Basic Needs findet Glowinski (2007) die Instruktionsqualität. Die Arbeit liefert des Weiteren erstmals den Befund, dass eine ausführliche Vorbereitung des Schülerlaborbesuchs signifikant mit (allen drei Komponenten) des aktuellen Interesses korreliert (vgl. Brandt, 2005; Engeln, 2004; Scharfenberg, 2005).

PAWEK Die Untersuchung von Pawek (2009) versteht sich als vertiefte Replikationsstudie von Engeln (2004) im Fachbereich Physik und bestätigt zunächst bisherige Befunde: Schülerlabore verfügen über das Potential, aktuelles Interesse hervorzurufen und das Fähigkeitsselbstkonzept zu steigern (vgl. Brandt, 2005; Engeln, 2004). Als relevante Faktoren werden auf Seiten der laborbezogenen Größen insbesondere die Verständlichkeit, die Betreuung, die Atmosphäre und die Authentizität bedeutsam; auf Seiten der personenbezogenen Größen ist es vor allem das Sachinteresse an Naturwissenschaft und am Experimentieren. Er zeigt weiter, dass die Abweichungen bei der Interessenförderung in unterschiedlichen Schülerlaboren nur geringfügig variiert (trotz teils erheblicher Unterschiede der Rahmenbedingungen) und ebenfalls nicht in erheblichem Maße von Geschlecht und Schulstufe abhängt. Hinausgehend über die bisherigen Befunde belegen seine Analysen, dass sogar die nur langsam veränderlichen dispositionalen Interessen der Lernenden positiv beeinflusst werden können.

ZEHREN Die Arbeit von Zehren (2009) fokussiert auf die Aspekte Motivation, Interesse und Unterrichtseinbindung (Fachbereich Chemie). Nachgewiesen werden konnten auch hier die positiven Effekte auf Motivation und Interesse. Um die Nachhaltigkeit dieser Effekte zu erhöhen, unterstreicht auch Zehren (2009) die Bedeutung der Unterrichtseinbindung. Als weitere Kennzeichen für langfristige Effekte ergaben sich bei ihm Mehrfachbesuche, Aufgabenstellungen zu bereits abgeschlossenen Unterrichtsthemen, offene Fragestellungen, sowie die Möglichkeit zum freien Experimentieren. Werden die (mehrfachen) Laborbesuche in den Unterrichtsgang integriert, werde zudem die Effizienz des Lernens gesteigert.

WESSNIGK Im Zentrum der Untersuchung von Weßnigk (2013) standen die Effekte eines Schülerlabors (mit Bezug zu Unternehmertum; vgl. Tab. 1 auf Seite 10) auf das Fähigkeitsselbstkonzept, das Image von Chemie und Physik, sowie die Berufsorientierung. Die Ergebnisse belegen zunächst die positiven Effekte auf das

Fähigkeitsselbstkonzept (vgl. z.B. Brandt, 2005; Pawek, 2009) und erstmals auch auf das Image von Chemie und Physik, wobei hier kurz- bis langfristige Effekte gefunden worden. Die Ergebnisse zeigen weiter, dass Schülerlabore ebenfalls über das Potential verfügen, die Einstellung gegenüber einer naturwissenschaftlichen Berufswahl signifikant positiv zu beeinflussen.

PLASA Die Untersuchung von Plasa (2013) thematisiert die Motivation für (wiederholte) Besuche, sowie den Einfluss einer Wettbewerbsorientierung während des Laborbesuchs auf die Lernenden; allerdings werden die „klassischen Schülerlaborvariablen“ (Interesse, Selbstkonzept, ...) nicht erhoben, sodass keine Wirkzusammenhänge ergründet werden können (Fachbereiche Physik und Biologie). Es werden zwei Hauptgründe für die freiwilligen Besuche des Schülerlabors identifiziert: Zum einen sei dies auf die Lernumgebung selbst (die selbstständiges und eigenmotiviertes Experimentieren zulässt) und zum anderen auf das sehr positiv wahrgenommene Sozialgefüge zwischen Betreuenden und Lernenden zurückzuführen. Die Wettbewerbsorientierung selbst ist kein hinreichender Grund für den Besuch eines Schülerlabors und hat keinen Einfluss auf den Zusammenhalt innerhalb einer Peer-Gruppe oder auf fach-unspezifischere Kommunikation.

ITZEK-GREULICH Die Studie von Itzek-Greulich (2014) untersucht die kognitiven und motivationalen Wirkungen eines Schülerlaborbesuchs, wenn dieser in den Unterrichtsgang eingebunden wird (Fachbereich Chemie). Im Vergleich zu einem Schülerlaborbesuch ohne Unterrichtseinbindung zeigte sich, dass die Lernleistung tatsächlich höher ist, wenn der Schülerlaborbesuch in den Unterricht eingebunden wird. Für die Akzeptanz, das aktuelle Interesse, sowie dem wahrgenommenen Kompetenzerleben deuten die Ergebnisse aber darauf hin, dass die Kombination aus Unterricht und Schülerlaborbesuch keinen generellen Vorteil gegenüber konventionellem Schulunterricht bzw. Schülerlaborbesuchen ohne Unterrichtseinbindung hat. Diese ernüchternden Ergebnisse stehen im Kontrast zum bisherigen Forschungsstand (insbes. Glowinski, 2007; Zehren, 2009).

HUWER In der Studie von Huwer (2015) werden die Effekte eines *mobilen* Schülerlabors auf den Wissenszuwachs und die Motivation getrennt für die Klassenstufen 5 und 10 beleuchtet (Fachbereich Chemie). Streng genommen ist ein solches Schülerlabor „on-Tour“ kein Schülerlabor nach Haupt et al. (2013); dennoch sind die Ergebnisse durchaus interessant: So zeigten sich zwar für Lernende der 5. Klasse durchaus positive Effekte auf Wissenszuwachs und Motivation, die jedoch im Vergleich zu klassischen (ortsgebundenen) Schülerlaboren geringer ausfallen. Für Lernende der 10. Klasse verschwindet der Effekt auf die Motivation sogar. Der Autor vermutet als Hauptgrund dafür das Fehlen echter Highlights, wie z.B. dem Arbeiten mit unbekanntem technisch-wissenschaftlichen Geräten oder der Besuch eines Forschungslabors. Beides konnte durch das Modell eines mobilen Schülerlabors nicht gegeben werden. Dies deckt sich mit den Befunden von Guderian (2007). Insofern empfiehlt der Autor die mobile Ausrichtung von Schülerlaboren nur bedingt.

STRELLER Diese Studie (Streller, 2015) greift die Forderung nach besserer Einbindung von Schülerlaborbesuchen in den Unterricht auf (vgl. z.B. Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Pawek, 2009) und untersucht die Wirkung eines Online-Portals zur Vor- und Nachbereitung eines Schülerlaborbesuchs (Fachbereich Physik). Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Nutzung des Online-Portals tatsächlich das situationale Interesse in höherem Maße gesteigert werden kann, als wenn keine Vorbereitung erfolgt. In vergleichbarer Weise gilt dies ebenfalls für das Fähigkeitsselbstkonzept, die Wahrnehmung des Schülerlabors, sowie in geringeren Maße sogar für das dispositionale Interesse. Die Ergebnisse belegen zum einen die positive Wirkung von Vor- und Nachbereitung von Versuchstagen im Schülerlabor (und kräftigen damit vorherige Befunde) und zum anderen zeigen sie, dass die Einbindung in den Unterricht in Form eines Online-Portals sehr gut funktioniert.

MOLZ Die Arbeit von Molz (2016) untersucht ebenfalls die Wirksamkeit der Einbindung von Schülerlaborbesuchen in den schulischen Physikunterricht (Vor- und Nachbereitung), sowie die Wirksamkeit des Lernortes Schülerlabor selbst. Auch diese Studie belegt die lernförderliche Wirkung einer unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung von Schülerlaborbesuchen (vgl. auch Zehren, 2009). Allerdings sind nur gut vor- und nachbereitete Experimentiertage lernwirksamer als nicht oder nur unzureichend vor- und nachbereitete Schülerlaborbesuche. Die Vermutung, dass die im Vorfeld des Schülerlaborbesuches gegebenen Informationen organisatorischer Art negative Effekte auf die Neugier und die Motivation Lernender haben (Stichwort *Novelty Space*), konnte entkräftet werden. Im Gegenteil: Es zeigte sich sogar eine Neugier- und motivationsfördernde Wirkung von Vorab-Informationen organisatorischer Art.

CORS Im Fokus der Arbeit von Cors (2016) steht die Frage, welche Auswirkungen die Neu- bzw. Unvertrautheit eines außerschulischen Lernortes (engl. *Novelty*) auf die Motivation und das Lernen vor Ort hat (Fachbereich Physik). Der Noveltyfaktor wurde dabei durch Videos vor Besuch des (wie bei Huwer (2015) *mobilen*) Schülerlabors variiert. Die Ergebnisse der Hauptstudie zeigen, dass die Schüler-Noveltyfaktoren Fachwissen und das „technische Leistungsvermögen“ (engl. *technological capability*), sowie die Vertrautheit mit außerschulischen Lernorten wesentlich die wahrgenommene Novelty beeinflusst. Dabei ergab sich nur für das technische Leistungsvermögen ein (positiver) Zusammenhang mit den affektiven Outcomevariablen. Für den Noveltyfaktor zeigten sich keine direkten Auswirkungen auf die Motivation und das Lernen vor Ort, allerdings wurden Zusammenhänge zwischen dem Umgang der Lernenden mit der Neuheit des Lernortes (exploratives vs. Hilfe-suchendes Verhalten) und den affektiven Outcomevariablen aufgezeigt. Bemerkenswert ist außerdem, dass in dieser Studie mittelgroße negative Effekte auf das Interesse an Technik (für Naturwissenschaften n.s.) und auf das Selbstkonzept bzgl. Technik und Naturwissenschaften gefunden wurden. Nur für die Einstellung von Lernenden bzgl. Technik und Naturwissenschaften zeigte sich ein positiver Effekt. Insgesamt schneidet damit die mobile Variante des Schülerlabors schlechter im Vergleich zu klassischen Laboren ab – deckt sich mit den Befunden von Huwer (2015).

2.3.2 Zusammenfassung zentraler Forschungsergebnisse (thematisch)

Das zentrale Interesse der Begleitforschung von Schülerlaboren ist nach wie vor die Genese von Interesse durch den Besuch der außerschulischen Lernorte. Nach ersten Studien zu Potentialen und Wirkungen von Schülerlaboren geht es in neueren Arbeiten darum, die bisher identifizierten Einflussgrößen genauer hinsichtlich ihrer kognitiven und motivationalen Wirkungen zu erforschen. Ein weiterer Punkt ist die Suche nach Wegen, wie das hervorgerufene situationale Interesse stabilisiert werden kann.

Sinnvoll ist es nun, die in [Abschnitt 2.3.1](#) angeführten Befunde *thematisch* zu ordnen, bestehende Forschungslücken aufzuzeigen und Forschungsdesiderate abzuleiten ([Abschnitt 2.4](#)). Für eine bessere Übersicht der bisher gelaufenen Studien, Schwerpunkten und Ergebnissen empfiehlt sich die Darstellung in tabellarischer Form analog Molz (2016) bzw. Scharfenberg (2009) – auch wenn eine echte Vergleichbarkeit aufgrund unterschiedlicher Studiendesigns und Methoden nicht gegeben ist. Ein solcher Überblick ist in [Tab. 2](#) auf [Seite 19](#) gegeben.

Wahrnehmung und Wirkung von Schülerlaborbesuchen

AKZEPTANZ Schülerlabore werden von Lernenden sehr gut angenommen. Die meisten Teilnehmer gaben an, dass das Experimentieren viel Spaß bereitet. Vor allem das Zusammenspiel von außerschulischem Lernort und eigenständigem Experimenten findet bei den Lernenden Anklang.

INTERESSE Der Einfluss von Schülerlaborbesuchen auf das aktuelle Interesse Lernender stellt seit Beginn den Kern der Forschung im Bereich Schülerlabore dar. Dementsprechend gut abgesichert ist die Befundlage. Schülerlabore verfügen über das Potential, aktuelles Interesse hervorzurufen. Dieser signifikant positive Effekt scheint jedoch nicht dauerhaft zu sein, da das Interesse an den Kontexten langfristig wieder absinkt.

SELBSTKONZEPT Das Fähigkeitsselbstkonzept ist ebenfalls recht häufig untersucht worden. Die Ergebnisse sind auch hier untereinander stimmig: Durch den Besuch von Schülerlaboren ist es möglich, das Fähigkeitsselbstkonzept von Lernenden zu steigern. Besonders Lernende mit niedrigem Selbstkonzept profitieren hiervon. Allerdings sind auch hier die Effekte nur kurzfristig.

MOTIVATION Zusammengefasst zeichnet sich bzgl. der motivationalen Wirkung von Schülerlaborbesuchen ein eindeutiges Muster: Die Befunde belegen eine erhöhte Lernmotivation im Schülerlabor. Es konnte sogar nachgewiesen werden, dass dieser Motivationsschub auf die intrinsische Motivation im konventionellen Schulunterricht übertragen werden kann.

IMAGE Das Image ist bisher im Vergleich zu den anderen Variablen kaum untersucht worden. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass durch den Schülerlaborbesuch auch vermeintlich stabile Variablen, wie das Image von Naturwissenschaften, positiv beeinflusst werden können – und das sogar langfristig.

Tab. 2: Überblick über Begleitforschung zu Schülerlaboren im deutschsprachigen Raum (Dissertationen) und dessen Ergebnissen.

STUDIE	BEREICH	STUDIENDESIGN ^A	SCHWERPUNKT ^B
Engeln (2004)	Physik / Chemie	(-/post/f-up)	Interesse (+) Einflussgrößen
Scharfenberg (2005)	Biologie	(pre/post/f-up) mit Kontrollgruppenvergleich	Akzeptanz (+) Wissenserwerb (o) Motivation (+)
Brandt (2005)	Chemie	(pre/post/f-up) mit Kontrollgruppenvergleich	Fähigkeitsselbstkonzept (+) Motivation (+) Berufsorientierung (+)
Guderian (2007)	Physik	(pre/post/f-up) mit Kontrollgruppenvergleich	Interesse (+) Mehrfachbesuche (-)
Glowinski (2007)	Biologie	(-/post/f-up)	Interesse (+) Wissenserwerb (+) Einbindung (+) Einflussgrößen
Pawek (2009)	Physik	(pre/post/f-up)	Interesse (+) Fähigkeitsselbstkonzept (+) Einflussgrößen
Zehren (2009)	Chemie	(-/post/f-up) mit Kontrollgruppenvergleich	Interesse (+) Motivation (+) Einbindung (+) Einflussgrößen
Weßnigk (2013)	Physik / Chemie	(pre/post/f-up)	Fähigkeitsselbstkonzept (+) Image (+) Berufsorientierung (+)
Plasa (2013)	Physik / Biologie	(-/post/-)	Akzeptanz (+) Wettbewerbsorientierung (o)
Itzek-Greulich (2014)	Chemie	(pre/post/-) mit Kontrollgruppenvergleich	Motivation (+) Einbindung (o)
Huwer (2015)	Chemie	(pre/post/f-up)	Motivation (+) Wissenserwerb (+) mobiles Labor (o)
Streller (2015)	Physik	(pre/post/f-up) mit Kontrollgruppenvergleich	Einbindung (+) Interesse (+) Fähigkeitsselbstkonzept (+)
Molz (2016)	Physik	(pre/post/f-up) mit Kontrollgruppenvergleich	Einbindung (+) Motivation (+) Wissenserwerb (+) Novelty Space
Cors (2016)	Physik	(pre/post/-) mit Kontrollgruppenvergleich	Novelty (mobiles Labor) Motivation (+) Interesse (o -) Fähigkeitsselbstkonzept (-)

^A Testzeitpunkte: Vor (*pre*), nach (*post*) & 6 bis 8 Wochen nach dem Versuchstag (*follow-up*)^B Positiver Effekt (+), kein Effekt (o) bzw. negativer Effekt nachgewiesen (-)

BERUFSORIENTIERUNG Schülerlabore scheinen über das Potential zu verfügen, auf die Berufsorientierung Lernender positiv zu wirken. Dieser Effekt ist bei Mädchen stärker ausgeprägt, wobei das Grundinteresse von Jungen gegenüber naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen zu allen Zeitpunkten höher ist.

LERNLEISTUNG & WISSENERWERB Bezogen auf die Lernleistung und den Wissenserwerb lassen sich per se keine Vorteile von Schülerlaboren gegenüber konventionellem Schulunterricht feststellen. Es werden zwar positive Effekte gefunden, die jedoch nicht langfristig nachweisbar sind. Zudem ist eine im Vergleich zu Schulunterricht erhöhte Lernleistung nur unter bestimmten Bedingungen nachgewiesen worden (z.B. gute Einbindung des Schülerlaborbesuchs in den laufenden Unterricht).

Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren

EINFLUSSFAKTOREN AUF AKTUELLES INTERESSE Einige Arbeiten identifizieren Größen, die einen Einfluss auf das aktuelle Interesse haben. Dabei werden personenbezogene und laborbezogene Faktoren unterschieden: Auf Seiten der personenbezogenen Größen stellt das individuelle Sachinteresse den größten Faktor dar, gefolgt von der Instruktionsqualität. Besonders Lernende mit niedrigem individuellem Sachinteresse profitieren von hoher Instruktionsqualität. Bei den laborbezogenen Größen scheint vor allem die Kombination von *selbstständigen Experimentiermöglichkeiten* und *interessanten außerschulischen Lernorten* entscheidend zu sein. Häufig sind die Effekte für Mädchen sogar größer – der Gender-Gap wird verringert.

EINBINDUNG Die Forderung, Schülerlaborbesuche besser in den naturwissenschaftlichen Unterricht einzubinden, ist eine direkte Folge erster Forschungsergebnisse im Bereich Schülerlabor. Die Studien belegen übereinstimmend die lernförderliche Wirkung einer unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung von Schülerlaborbesuchen. Einigkeit besteht auch dahingehend, dass nur gut vor- und nachbereitete Experimentiertage lernwirksamer als nicht oder nur unzureichend vor- und nachbereitete Schülerlaborbesuche sind. Auch für die Wahrnehmung des Schülerlabors, das aktuelle Interesse sowie das Fähigkeitsselbstkonzept wird die positive Wirkung einer guten Einbindung bestätigt.

MEHRFACHBESUCHE Da die motivationalen, kognitiven und affektiven Effekte von Schülerlaborbesuchen nur kurzfristig zu sein scheinen, wurde auch untersucht, inwiefern Mehrfachbesuche in der Lage sind diese Effekte zu stabilisieren. Die Befundlage hierzu ist zum einen recht dürftig und zum anderen widersprechen sich die Ergebnisse sogar. Im Falle von Mehrfachbesuchen scheinen die Resultate vor allem von der Qualität der Versuchstage und von Gewöhnungseffekten abzuhängen.

MOBILES SCHÜLERLABOR Die mobile Ausrichtung von Schülerlaboren ist bisher nur wenig untersucht worden. Anhand bisheriger Forschungsergebnisse kann der Eindruck entstehen, dass die mobile Variante nur bedingt empfehlenswert

sei. Einschränkend muss jedoch angemerkt werden, dass diesbezüglich bisher nur vergleichsweise wenig Forschung betrieben wurde und die Wirksamkeit (wie auch im klassischen Schülerlabor) sehr stark von der Qualität des Angebots, von den Rahmenbedingungen und vom Kontext abhängt.

2.4 FORSCHUNGSLÜCKEN

Obwohl sich die bisherigen Studien zu Schülerlaboren recht heterogen gestalten (Studiendesign, Fachrichtung und Art des untersuchten Labors), so werden doch immer wieder die gleichen Schwerpunkte aufgegriffen (vgl. [Tab. 2](#) auf [Seite 19](#)). Dies resultiert in einer inzwischen gut fundierten sowie multiperspektivisch bestätigten Befundlage zu Wahrnehmung und Wirkung von Schülerlaborbesuchen (Akzeptanz, Interesse, Selbstkonzept, Motivation, Lernleistung und Wissenserwerb). Bis auf wenige Ausnahmen ergänzen sich die Dissertationen hinsichtlich ihrer Resultaten und Implikationen.

Identifikation weiterer Wirkvariablen

Gerade im Bereich der Wirkung von Schülerlaborbesuchen ist eine Fokussierung auf die o.g. Konstrukte zwar richtig und wichtig, „greift aber zu kurz“ (Weßnigk, [2013](#), S. 24). Um die Wirksamkeit von Schülerlaboren wirklich beurteilen zu können und auch im Hinblick auf die Entwicklung von Wirkmodellen², muss das Zusammenspiel weiterer Faktoren untersucht werden (vgl. auch Nickolaus, Steffensky & Parchmann, [2018](#)). So wird beispielsweise das Image von Naturwissenschaften nur bei Weßnigk ([2013](#)) erhoben oder der Einfluss von Novelty Space erst bei Molz ([2016](#)) schwerpunktmäßig untersucht. Aber auch weitere, mit den Zielvariablen von Schülerlaboren (z.B. Interesse und Motivation) verknüpfte Konstrukte sollten im Hinblick auf ihre Wirkung im Kontext Schülerlabor untersucht werden – in diesem Zusammenhang rücken z.B. auch die *Basic Needs* (Deci & Ryan, [2000](#)) in den Fokus.

Replikation bisheriger Ergebnisse

Eine Publikation aus den letzten Jahren (Open Science Collaboration, [2015](#)) und die darauf folgende Diskussion hat den Mangel an und die Notwendigkeit von Replikationsstudien im Bereich der Sozialwissenschaften allgemein hervorgehoben. Im Zusammenhang mit außerschulischen Lernorten entsteht insbesondere im Hinblick auf Konstrukte, die hier bisher wenig untersucht wurden (wie dem Image von Naturwissenschaften) ein Replikationsbedarf zur Absicherung bisheriger Befunde. So ergibt sich einerseits allgemein aus der Bedeutung von Replikation für die Bildungslandschaft (Replikation als Grundprinzip reliabler Forschung) und andererseits speziell für den außerschulischen Lernort Schülerlabor aufgrund dessen multifaktoriellen (und zum Teil schwer kontrollierbaren) Einflussfaktoren

² Solche Wirkmodelle setzen oft eine Vielzahl von Konstrukten in komplexer Weise in Beziehung zueinander; vgl. z.B. Angebots-Nutzungs-Modell für Unterricht (Helmke, [2015](#)).

das dringende Bedürfnis einer Replikationsfragestellung im Bereich der Schülerlaborbegleitforschung.

Nachhaltigkeit der Effekte verbessern

Dass Schülerlabore in der Lage sind, das Interesse, das Fähigkeitsselbstkonzept oder auch die Motivation von Lernenden positiv zu beeinflussen, ist in der Vergangenheit belegt worden. Jedoch scheint die Langfristigkeit der Interessensteigerung nicht gegeben zu sein – vielfach bleiben die Effekte kurzfristig. Ein Ziel bei der Verbesserung der Wirksamkeit von Schülerlaboren sollte es daher sein, diejenigen Einflussfaktoren zu identifizieren, welche in der Lage sind, das hervorgerufene (situationale) Interesse zu stabilisieren (sog. Hold-Faktoren; vgl. Krapp 1992). Ein vielversprechender Ansatz dazu stellten Mehrfachbesuche dar; jedoch ist die Befundlage hierzu recht divergent und bedarf weiterer Untersuchung. Diese Suche nach Faktoren, die die Nachhaltigkeit der Effekte hervorrufen bzw. beeinflussen können, sollten ebenfalls nicht auf das Interessenkonstrukt beschränkt, sondern auf andere Variablen ausgeweitet werden.

Welchen Einfluss haben Betreuende und Betreuung auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren?

Bisher untersuchte Einflussgrößen auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren lassen sich auf personenbezogene und auf laborbezogene Größen subsumieren (Engeln, 2004; Pawek, 2009). Hier erfolgt eine Fokussierung auf das Interesse der Lernenden, was sicher von Bedeutung ist, aber in mehreren Punkten zu kurz greift. Zum einen sollten die Effekte auf weitere Variablen (wie z.B. Fähigkeitsselbstkonzept oder Berufsorientierung) ausgeweitet werden und zum anderen wurde eine bedeutsame Einflussgröße bisher nicht schwerpunktmäßig untersucht: die Betreuung am Besuchstag durch die Betreuenden. Eine Expertise zu Effekten von außerschulischen MINT-Angeboten kommt zum gleichen Schluss: Die „wichtige Frage nach den Kompetenzen der Lehrenden wurde bislang nicht angemessen berücksichtigt“ (Nickolaus et al., 2018, S. 26). Dass die Einflussgrößen *Betreuung* und *Betreuer/-in* bisher noch nicht systematisch untersucht wurde, überrascht insbesondere, da für Schülerlabore die Instruktionsqualität längst als bedeutender Prädiktor des Kompetenzerlebens (Zehren, 2009), sowie als wesentlicher Einflussfaktor auf das Interesse an den Experimenten, Kontexten und der Lernumgebung (Glowinski, 2007) identifiziert wurde. In besonderer Form gilt das für Lernende mit niedrigem individuellen Interesse (Glowinski, 2007; Streller, 2015). Des Weiteren zeigen bspw. Gedigk (2015) und Pawek (2009): Betreuung, Atmosphäre und Verständlichkeit haben einen großen Einfluss auf alle Komponenten aktuellen Interesses.

Die Bedeutung, welche Betreuenden im Schülerlabor zukommt, lässt sich auch durchaus mit der Rolle von Lehrern im konventionellen Schulunterricht vergleichen – und dort steht längst fest: „Auf den Lehrer kommt es an!“ (Lipowsky, 2006). Zahlreiche Untersuchungen belegen die Wirksamkeit der Einflussgröße Lehrer

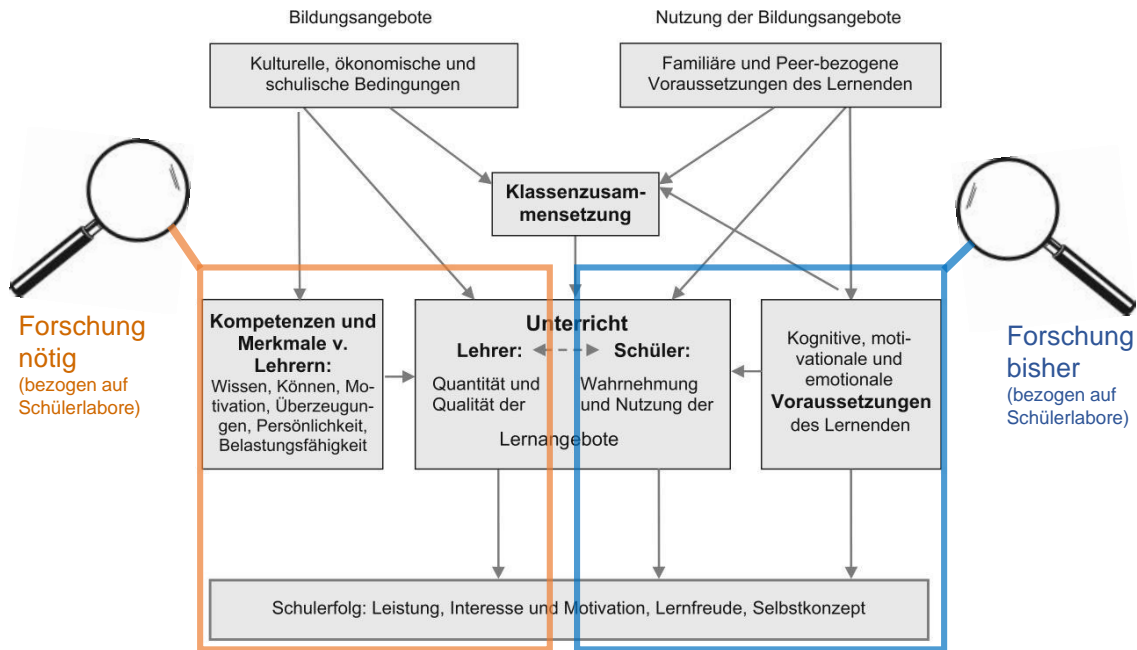


Abb. 6: Die Forschungslücke der Schülerlaborbegleitforschung verdeutlicht im Angebots-Nutzungs-Modell für Schulunterricht nach Helmke aus Lipowsky (2006).

auf den Schulerfolg; Hattie (2009) bildet dabei nicht mehr als die Speerspitze Jahrzehnte langer Forschung.

Vergleicht man die Forschung in den Bereichen Schülerlabor und Schule miteinander, so verdeutlicht sich eine der größten Forschungslücken der Schülerlaborforschung: So ist die Wahrnehmung und Nutzung von Schülerlaboren im Zusammenspiel mit emotionalen, motivationalen und zum kleineren Teil auch kognitiven Voraussetzungen von Lernenden recht gut untersucht; der Einfluss von Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen jedoch ist bisher noch nicht gründlich beleuchtet worden. Wie groß dieser Missstand wirklich ist, zeigt Abb. 6. Das hier zu sehende Angebots-Nutzungs-Modell für Schulunterricht berücksichtigt die komplexen Wirkungen von außerschulischen Bedingungen, schul- und klassenbezogenen Einflussgrößen und individuellen Lernvoraussetzungen der Lernenden und deren Interaktionen im Bezug auf den Schulerfolg (Helmke, 2015). Bezogen auf die Forschung im Bereich der Schülerlabore offenbart sich das Ausmaß dieser Forschungslücke.

Zusammenfassend wird die Notwendigkeit „guter“ Betreuung direkt gefordert, ist bisher (im Kontext Schülerlabor) jedoch noch nicht systematisch untersucht worden. Aus diesem Grund soll der Fokus der Arbeit auf dieser Forschungslücke liegen.

FORSCHUNGSGEGENSTAND

In diesem Kapitel wird das theoretische Fundament der Untersuchung beschrieben. Besonders für diese Arbeit ist, dass neben den in der Schülerlaborforschung üblichen Zielvariablen von Schülerlaboren ebenfalls der Aspekt der Betreuenden und der Betreuung beleuchtet wird. Daher enthält dieses Kapitel auch Konstrukte und Konzepte aus der Unterrichts- und Lehrerprofessionsforschung.

Aus diesem theoretischen Rahmen wird im Anschluss zunächst das darauf basierende Untersuchungsmodell vorgestellt ([Abschnitt 3.6](#)) und im anschließenden [Kapitel 4](#) die Hypothesen und Forschungsfragen dieser Untersuchung formuliert.

SCHULE UND SCHÜLERLABOR Unterrichtstage an einer Schule und Experimentiertage im Schülerlabor unterscheiden sich im Bezug auf ihre Zielstellung: So verknüpft etwa Lipowsky ([2015](#)) *Schulerfolg* mit Leistung, Interesse, Motivation, Lernfreude und Selbstkonzept, während nach Euler et al. ([2015](#)) *Schülerlaborerfolg* von den Konzepten Interesse, Image, Motivation und Selbstkonzept geprägt ist. Offensichtlich gibt es aber auch Überschneidungen.

Forschungsergebnisse von Lehrer- und Unterrichtsforschung der letzten Jahre kommen zu dem Schluss, dass den Merkmalen des Lehrers und dessen Methoden (Unterricht) mehr Bedeutung als bisher angenommen zukommt (Baumert & Kunter, [2006](#); Kunter & Pohlmann, [2015](#); Lipowsky, [2006](#), [2007](#)). Dieses generelle Argument für den hohen Einfluss von Lehrkräften auf den Schulerfolg deckt sich mit der in [Kapitel 2](#) dargelegten Befundlage für die Betreuenden im Kontext Schülerlabor. Dazu passt, dass auch die von Widodo und Duit ([2004](#)) gefundenen Defizite konstruktivistischer Unterrichtsansätze (z.B. die mangelhafte Beachtung der Interessen, Einstellungen und Gefühlen oder die unzureichende Anknüpfung an das Vorwissen der Lernenden) weniger die Lernumgebung an sich, als vielmehr die Lehrkräfte bzw. die Betreuenden adressiert.

Für die Analyse des Forschungsgegenstandes, sowie bei der Konstruktion der Fragestellung und den daraus resultierenden Untersuchungsmethoden, sollte aufgrund der strukturellen und inhaltlichen Ähnlichkeiten von Zielstellungen und Befundlagen zu Schulunterricht und Schülerlabor auf insgesamt drei Forschungsdisziplinen zurückgegriffen werden: Schülerlabor-, Lehrerprofessions- und Unterrichtsforschung.

3.1 ZIELVARIABLEN VON SCHÜLERLABOREN AUS PÄDAGOGISCH-PSYCHOLOGISCHER PERSPEKTIVE

Die im Folgenden dargelegten Konstrukte werden in dieser Arbeit als *Zielvariablen* bezeichnet, da sie sich an den formulierten Zielen von Schülerlaboren nach Euler et al. ([2015](#)) orientieren.

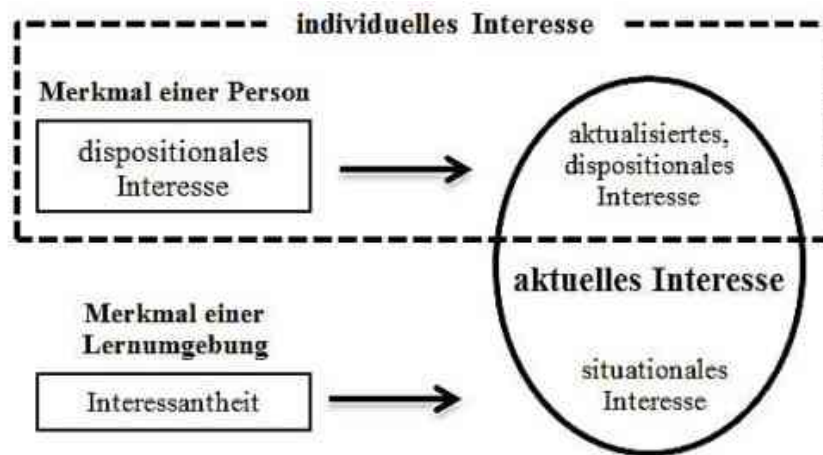


Abb. 7: Das Interessenkonstrukt nach Krapp (1992) aus Engeln (2004).

3.1.1 Interesse

Die bisherige Begleitforschung zu Schülerlaboren konzentriert sich besonders auf das Interesse und dessen Änderung durch Schülerlaborbesuche. Damit zählt es zu den bedeutsamsten Konstrukten in der Schülerlaborforschung.

Das Interesse gehört aus psychologischer Sicht eher zu den stabilen, sich nur langsam veränderlichen Zuständen einer Person und fußt auf der sog. Person-Object Theory (POI) (Krapp, 1992, 1998, 1999; Prenzel, 1988) – im Folgenden als Interessentheorie bezeichnet. Die Interessentheorie nach Krapp (1992) definiert das Interesse als eine Person-Gegenstands-Beziehung (vgl. Abb. 7); wobei mit „Gegenständen“ nicht nur konkrete Objekte, sondern auch Themen, Ideen und Aktivitäten gemeint sind.

ARTEN Unterschieden werden zwei Arten des Interesses: das *dispositionale Interesse* und das *aktuelle Interesse*. Das dispositionale Interesse ist dabei das bereits bestehende, langfristig stabile Interesse einer Person an einem Interessengegenstand. Als solches kann es als ein Merkmal einer Person aufgefasst werden. Das aktuelle Interesse hingegen lässt sich immer auf eine konkrete Situation bzw. einen konkreten Kontext beziehen. Es beschreibt das Interesse, welches durch die „Interessanztheit“ eines situativen Kontextes hervorgerufen wird. Als solches hängt das aktuelle Interesse (im Gegensatz zum dispositionalen) von externen Merkmalen (Merkmalen der Lernumgebung) ab. Genau genommen werden noch zwei Bereiche innerhalb des aktuellen Interesses unterschieden, die eine Gewichtung des aktuellen Interesses vornehmen (Engeln, 2004): Das *aktualisierte dispositionale Interesse* und das *situative Interesse* (vgl. Abb. 7). Da die beiden Bereiche jedoch gleichzeitig auftreten (und sich somit nicht sauber trennen lassen), ist eine solche Unterscheidung des aktuellen Interesses praktisch kaum relevant und birgt zudem theoretische Schwierigkeiten (vgl. Pawek, 2009, S. 34 f.).

KOMPONENTEN Für das dispositionale wie auch das aktuelle Interesse werden nach Krapp (1992) drei Komponenten unterschieden: *epistemisch* (auch als kognitiv bezeichnet), *emotional* und *wertebezogen*. Die Ausprägung der epistemischen Kom-

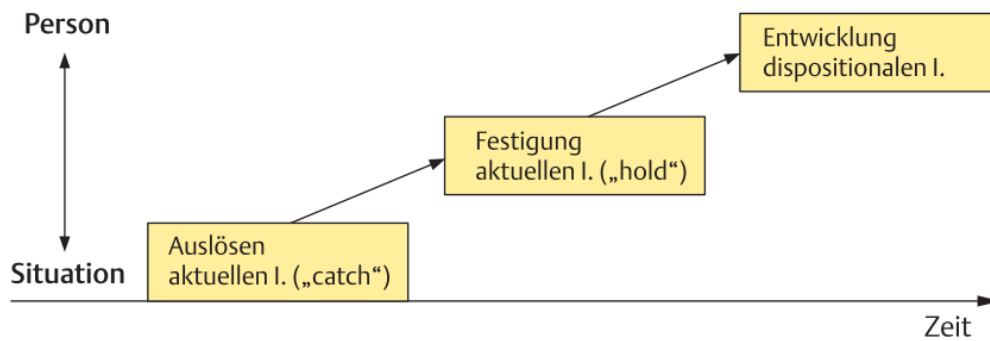


Abb. 8: Idealisierte kontinuierliche Interessenentwicklung durch *catch*- und *hold*-Faktoren (aus Kuhn, Müller, Müller & Vogt, 2010).

ponente spiegelt das Bedürfnis wider, bezüglich eines Interessengegenstandes die eigene Kompetenz zu erweitern, Wissen auszubauen und Fähigkeiten zu verbessern. Die emotionale Komponente beschreibt das Ausmaß der emotionalen Verbindung mit dem Interessengegenstand und ist somit eng mit Gefühlen und Erinnerungen verknüpft. Schließlich beschreibt die wertbezogene Komponente die eigene Wertschätzung und persönliche Bedeutung des Interessengegenstandes.

ENTSTEHUNG VON INTERESSE Das Interesse gilt als stabiler, sich nur langsam veränderbarer Zustand einer Person. Wie soll also durch eine so kurze Intervention in Form eines Schülerlaborbesuchs das Interesse von Lernenden an naturwissenschaftlichen Kontexten gesteigert werden können?

Wie [Abb. 7](#) verdeutlicht, ist es möglich, Wissbegierde und Interesse bei den Lernenden zu wecken und damit aktuelles Interesse hervorzurufen. Diese Stimulation von Aufmerksamkeit kann z.B. durch die interessante Gestaltung der Lernumgebung und -inhalte erfolgen und wird als *Triggering* (Mitchell, 1993) bzw. als *catch*-Faktor (Krapp, 1998) bezeichnet (vgl. [Abb. 8](#)). Beginnt nun im weiteren Verlauf einer Interessenhandlung der Interessengegenstand als persönlich bedeutsam und sinnvoll wahrgenommen zu werden, stabilisiert sich das Interesse durch *hold*-Faktoren und erreicht somit die zweite Etappe bei der Entstehung von Interesse (vgl. auch Hidi & Renninger, 2006). Diese durch *hold*-Faktoren Stabilisierung des hervorgerufenen (*getriggerten*) aktuellen Interesses ist unerlässlich für die dritte und finale Etappe: einer langfristigen Entwicklung von dispositionalem Interesse ([Abb. 8](#)). Da das aktuelle Interesse mit dem Fähigkeitsselbstkonzept korreliert, besteht ebenfalls durch eine Steigerung des Fähigkeitsselbstkonzepts der Lernenden die Möglichkeit zur Interessengenese (Köller, Trautwein, Lüdtke & Baumert, 2006; Pawek, 2009).

Bedeutung im Kontext Schülerlabor Um den Nachwuchs zu fördern (und somit den in [Kapitel 2](#) angeführten Problemen entgegenzuwirken) zählt die Steigerung naturwissenschaftlich-technischen Interesses, sowie des Verständnisses von Lernenden zu den explizit genannten Zielen von Schülerlaboren (Euler et al., 2015).

Die Bedeutung von Interessengenese wird für den schulischen Bereich bereits seit Jahrzehnten untersucht (Pawek, 2012). So zeigen Studien, dass z.B. das all-

gemeine Interesse von Lernenden an Physik mit dem (auf Physik bezogenen) Fähigkeitsselbstkonzept korreliert (vgl. z.B. Lipowsky, 2015). Beide Persönlichkeitszustände beeinflussen wiederum gemeinsam das Interesse am Physikunterricht, die Lernmotivation und in der Folge ebenfalls die dort erbrachten Leistungen (vgl. auch z.B. Köller et al., 2006; Krapp, 1998; Schiefele, 2009). Insofern steht die Förderung des Interesses durch Schülerlabore zurecht im Fokus der Schülerlaborforschung (vgl. Tab. 2 auf Seite 19).

3.1.2 Motivation

Die auf Deci und Ryan (1993) zurückgehende Selbstbestimmungstheorie, engl. Self-Determination Theory (SDT), ist eine prozess- und inhaltsorientierte Motivationstheorie und fußt auf dem Konzept von universellen psychologischen Grundbedürfnissen. Der SDT zufolge hängt die Motivation für ein bestimmtes Verhalten eng mit der Möglichkeit zur Befriedigung dieser psychologischen Grundbedürfnisse (*Basic Needs*, vgl. Abschnitt 3.1.3) zusammen. Die Selbstbestimmungstheorie unterteilt Motivation in *intrinsische Motivation*, *extrinsische Motivation* und *Amotivation* (Deci & Ryan, 1993, 2000). Dabei findet eine Differenzierung nach dem Ausmaß an individueller Selbstbestimmung (und der zugehörigen Regulationsmechanismen) statt (vgl. Abb. 9).

STUFEN DER VERHALTENSREGULATION Intrinsisch motivierte Handlungen erfolgen aus eigenem Antrieb der Person und bedürfen somit keiner externen Regulation. Im Gegensatz dazu sind amotivierte Handlungen vollständig extern bestimmt, da die Handlungen mit dem geringsten Autonomieempfinden und ohne Übereinstimmung mit den persönlichen Vorlieben stattfinden (Pedrotti & Nistor, 2014). Von Amotivation bis hin zu intrinsischer Motivation steigt der Grad der Internalisierung, wobei gleichzeitig der Bedarf an externer Regulation bzw. Steuerung sinkt.

Zwischen diesen beiden Extremen werden vier Stufen der Regulation unterschieden: Kann eine Handlung eindeutig einem extern vorgegebenen Anreiz (z.B. dem Versprechen einer Belohnung) zugeordnet werden, so spricht man von *external reguliertem Handeln*. Dies entspricht dem klassischen Verständnis von extrinsischer Motivation. *Introjiert regulierte Handlungen* werden aufgrund von innerem Druck (Selbstachtung, schlechtes Gewissen, Angst, Scham) durchgeführt. Dabei sind keine externen Anstöße nötig, jedoch wird die Handlung als von außen verursacht wahrgenommen (Schneider, 2018). *Identifizierte Regulation* bedeutet, dass eine Handlung aufgrund einer bewussten persönlichen Wertschätzung durchgeführt wird (durch das Gefühl, dass die Handlung sich positiv auswirkt). Externe Anreize werden übernommen und als bedeutsam eingestuft. Bei *integrierter Regulation* liegen die Handlungsmotive zusätzlich im Einklang mit den eigenen Werten – die Handlung ist somit internalisiert. Es gibt fast keine Anreize von außen, der Grad der Selbstständigkeit ist sehr hoch und die Zielstellung ist fest im eigenen Plan verankert.

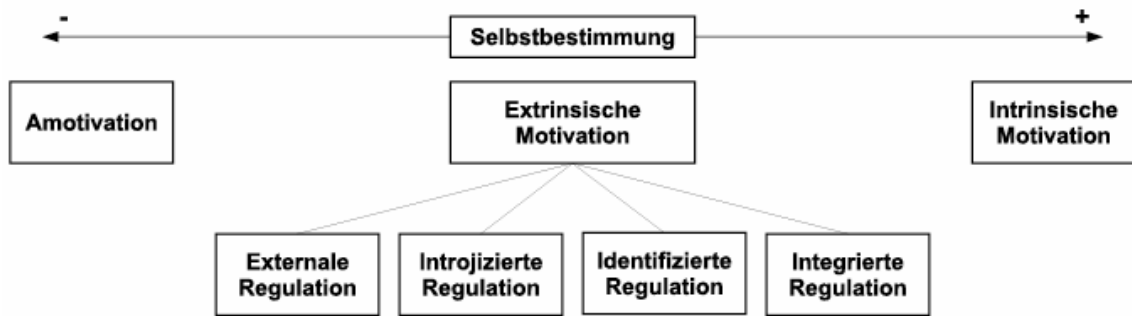


Abb. 9: Dimensionen der Motivation mit Unterteilung der extrinsischen Motivation nach Regulationsform und Grad der Selbstbestimmung (nach Deci und Ryan (2000) aus Pedrotti und Nistor, 2014).

BEDEUTUNG IM KONTEXT SCHÜLERLABOR Die Konstrukte Motivation, Interesse und Fähigkeitsselbstkonzept sind nicht unabhängig voneinander, sondern hängen vielmehr eng zusammen und wirken in sehr ähnlicher Weise auf andere Variablen (Köller et al., 2006; Pawek, 2009). So sind es vor allem diese drei Konstrukte, die als wesentliche Prädiktoren für das Interesse am Physikunterricht, die Lernmotivation und den Lernerfolg identifiziert wurden (vgl. z.B. Köller et al., 2006; Krapp, 1998; Schiefele, 2009).

3.1.3 *Basic Needs*

Die im Sinne der SDT (Deci & Ryan, 1993, 2000) drei psychologischen Grundbedürfnisse sind auch im deutschsprachigen Raum eher unter der Bezeichnung *Basic Needs* bekannt. Nach Deci und Ryan (2000) hängt die Entstehung von Motivation eng mit der Möglichkeit zur Befriedigung dieser drei Basic Needs zusammen – dem Erleben der eigenen Kompetenz, sozialer Eingebundenheit und Autonomie (nach Reinmann und Bianco 2008; Rohlfs 2011):

1. Erleben der eigenen Kompetenz
 - bedeutet, dass sich Personen in einer bestimmten Situation als (selbstwirksam) handlungsfähig erweisen.
2. Erleben sozialer Eingebundenheit
 - bedeutet, mit anderen verbunden zu sein und von diesen akzeptiert und anerkannt zu werden.
3. Erleben von Autonomie
 - bedeutet, effektiv auf eine als wichtig erachtete Situation einwirken zu können und entsprechend gewünschte Resultate zu erzielen.

Grundlage für das Entstehen intrinsischer Motivation in einer bestimmten Situation ist die Befriedigung der Bedürfnisse nach Kompetenz, sozialer Eingebundenheit und Autonomie (Deci & Ryan, 2000). Die Interessentheorie nach Krapp (1992) erweitert die Bedeutung der Basic Needs mit dem Postulat, dass die

Entstehung, Aufrechterhaltung und Veränderung von Interessen zu einem großen Teil auch von der Möglichkeit zur Befriedigung dieser drei Grundbedürfnisse bestimmt wird (Pawek, 2009). Somit stellt die Erfüllung der Basic Needs auch eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung von (aktuellem) Interesse dar.

BEDEUTUNG IM KONTEXT SCHÜLERLABOR Der Interessentheorie nach Krapp (1992) zu Folge ist die Interessengenese wesentlich davon anhängig, in welchem Maße die Befriedigung der Basic Needs gegeben ist (vgl. auch Krapp, 2005). Somit stellen die Basic Needs eine wichtige Kontrollvariable bei Schülerlaborbesuchen dar. Zudem sind die komplexen Wirkzusammenhänge noch nicht ganz verstanden bzw. durch Befunde gefestigt (Krapp, 2003, 2005; Pawek, 2009).

3.1.4 Fähigkeitsselbstkonzept & Selbstwirksamkeitserwartung

In der pädagogischen Psychologie haben sich gleich zwei theoretische Konstrukte etabliert, die sich auf den Prozess der Wahrnehmung der eigenen Kompetenz fokussieren – das Fähigkeitsselbstkonzept (FSK) und die Selbstwirksamkeit bzw. die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) (Bong & Skaalvik, 2003).

Die bisherige Schülerlaborforschung konzentrierte sich stets auf die Untersuchung des Fähigkeitsselbstkonzepts (vgl. z.B. Brandt, 2005; Pawek, 2009; Weßnigk, 2013) und soll mit dieser Untersuchung auf die Selbstwirksamkeitserwartung ausgeweitet werden. Aufgrund der Ähnlichkeit dieser beiden Konstrukte können auch ähnliche Ergebnisse erwartet werden, jedoch gibt es konzeptionelle Unterschiede zwischen beiden Konstrukten, sodass eine Betrachtung der Selbstwirksamkeitserwartung lohnender sein könnte:

Das *Selbstkonzept* nach Shavelson, Hubner und Stanton (1976) wird allgemein als „a person's perception of himself“ aufgefasst. Dieses mentale Modell einer Person über ihre eigenen Fähigkeiten und Eigenschaften bildet sich als Ergebnis von Interaktionen mit der Umwelt (z.B. mit Personen oder Interessengegenständen) und umfasst alle sich selbst zugeschriebenen Bewertungen von Merkmalen, Eigenschaften und Fähigkeiten einer Person. Als solches ist es hierarchisch aufgebaut (vgl. Abb. 10).

Das im Kontext Schülerlabor untersuchte *Fähigkeitsselbstkonzept* (FSK) wird auch *akademisches Selbstkonzept* oder *Selbstkonzept schulischer Fähigkeiten* bezeichnet (Moschner & Dickhäuser, 2006) und befindet sich in der Hierarchie (Abb. 10) auf dritter Ebene. Das Selbstkonzept gilt als über die Zeit stabiles Konstrukt, wobei diese Stabilität hierarchisch nach unten hin abnimmt. Die domänenspezifischen Fähigkeitsselbstkonzepte (z.B. für Physik und Chemie) festigen sich bereits im Jugendalter (Moschner & Dickhäuser, 2006) und gelten daher im Kontext Schülerlabor als eher stabil und schwer veränderlich. Im weiteren Verlauf bis zum Erwachsenenalter hin differenziert sich das allgemeine Fähigkeitsselbstkonzept immer weiter aus und wird situationsunabhängiger (vgl. auch Weßnigk, 2013).

Das Konzept der *Selbstwirksamkeitserwartung* geht auf die sozialkognitive Theorie von Bandura (1986) zurück und beschreibt die subjektive Überzeugung einer Person, mit den eigenen Fähigkeiten eine bestimmte Anforderung zu bewältigen

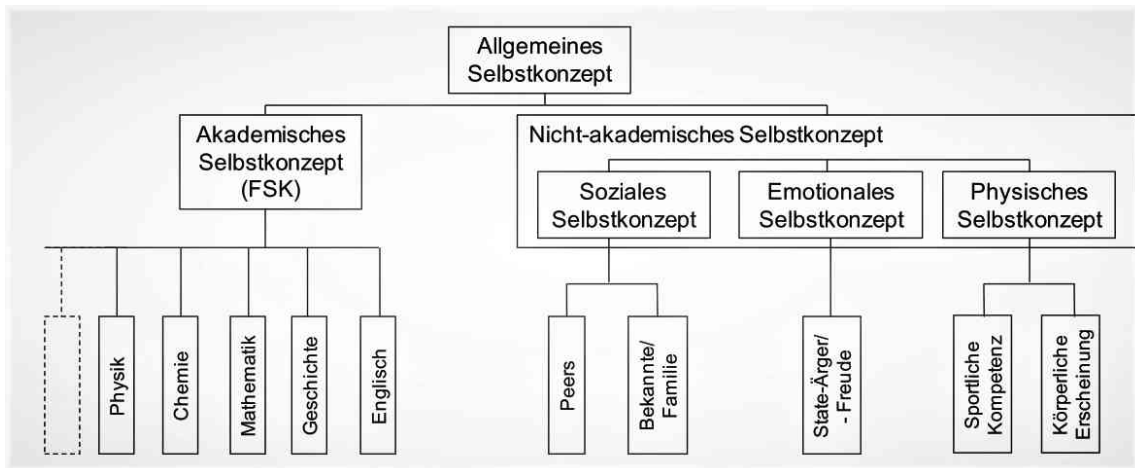


Abb. 10: Das hierarchische Konstrukt des Selbstkonzepts nach Shavelson et al. (1976) aus Weßnigk (2013).

und etwas bewirken zu können. Wichtigster Einflussfaktor für die Ausprägung der eigenen Selbstwirksamkeit sind die in gleichen oder ähnlichen Situationen eigenen gemachten Erfahrungen (Breker, 2015).

Eine hoch ausgeprägte Selbstwirksamkeitserwartung wirkt sich positiv auf die Motivation sowie auf die Nutzung der eigenen Fähigkeiten aus. Personen mit hoch ausgeprägter Selbstwirksamkeitserwartung gehen schwierige Aufgaben eher an und verfolgen sie mit mehr Einsatzbereitschaft (Warner, 2014). Forschungsergebnisse legen zudem nahe, dass (bei gleichen Fähigkeiten) Menschen mit hoch ausgeprägter Selbstwirksamkeitserwartung auch bessere Leistungen erzielen (Breker, 2015).

Aufgrund der konzeptionellen Ähnlichkeit dieser beiden Konstrukte ist es hilfreich, das *Selbstkonzept* und die *Selbstwirksamkeit* hinsichtlich ihrer Dimensionen gegenüber zu stellen. Ein solcher Vergleich findet sich in Tab. 3.

BEDEUTUNG IM KONTEXT SCHÜLERLABOR Beide Konstrukte wirken auf die domänenspezifische Motivation, die emotionale Einstellung und sogar auf die Leistung der Lernenden in einem bestimmten Themengebiet. Außerdem zählt neben dem Fach- bzw. Sachinteresse das Fähigkeitsselbstkonzept zu den stärksten Prädiktoren für die Berufswahl (Baumert, 1992). Durch den Besuch von Schülerlaboren, ist es nachweislich möglich, das Fähigkeitsselbstkonzept von Lernenden zu steigern (wobei insbesondere Lernende mit niedrigem Selbstkonzept profitieren). Diese Prädiktorwirkung des Selbstkonzepts befindet sich im Einklang mit den Zielen von Schülerlaboren (vgl. Abschnitt 2.1 auf Seite 7); insofern steht das Selbstkonzept zurecht auch im Fokus der Forschung im Bereich Schülerlabor.

SELBSTWIRKSAMKEITSERWARTUNG STATT SELBSTKONZEPT In dieser Studie wird anstatt des Fähigkeitsselbstkonzepts (FSK) die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) untersucht. Die Gründe hierfür liegen in der geringfügig anderen Konzeption der beiden Konstrukte (Tab. 3). So orientiert sich die SWE im Gegensatz zum FSK an der Zukunft (Erwartung, etwas leisten zu können) und gilt als leichter veränderlich. Dabei ist der prädiktive Wirkzusammenhang mit anderen Variablen

Tab. 3: Vergleich von Selbstkonzept und Selbstwirksamkeit (nach Bong und Skaalvik 2003, übersetzt).

DIMENSION	SELBSTKONZEPT	SELBSTWIRKSAMKEIT
Definition	eigene Wahrnehmung von Merkmalen, Eigenschaften und Fähigkeiten von sich selbst bei Anforderungen	eigene Überzeugung, mit den eigenen Fähigkeiten eine bestimmte Anforderung zu bewältigen
zentrales Element	gefühlte eigene Kompetenz	eigene Zuversicht
Komposition	kognitive und affektive Selbsteinschätzung	kognitive Selbsteinschätzung
Bezugsrahmen	domänenspezifisch	domänenspezifisch und kontextspezifisch
Struktur	hierarchisch	locker hierarchisch
Zeitliche Orientierung	an Vergangenheit orientiert	an Zukunft orientiert
Temporäre Stabilität	stabil	veränderlich
Prädiktor von	Motivation, emotionale Einstellung, Leistung	Motivation, emotionale Einstellung, Leistung, Kognition, Selbstregulation

sogar größer. Interessant ist es nun zu sehen, wie stark die SWE durch den Schülerlaborbesuch beeinflusst werden kann. Aufgrund der leichteren Veränderlichkeit der SWE könnten nun auch im Kontext Schülerlabor evtl. erkenntnisreichere bzw. deutlichere Wirkzusammenhänge hergestellt werden als dies mit dem FSK möglich wäre.

3.1.5 *Image*

Allgemein übliche Annahmen über die Charakteristika und Inhalte einer bestimmten Person oder einer Sache (z.B. eines Unterrichtsfachs) – also das „Bild“ oder den Gesamteindruck – bezeichnet man auch als *Image* (vom engl. Begriff *Image*: Abbild oder Erscheinungsbild) (Kessels, Rau & Hannover, 2006). Damit kann das Image eines Fachs als eine unbewusste, automatische Assoziation aufgefasst werden (Weßnigk, 2013). Diese Assoziation wiederum hat unmittelbaren Einfluss darauf, wie eine Person zu einer bestimmten Sache steht. Bezogen auf beispielsweise das Schulfach Physik bedeutet dies, dass das Image von Physik maßgeblich beeinflusst, ob eine Person dieses Fach mag oder nicht bzw. sich für dieses Fach begeistern kann.

Von Bedeutung für Schülerlabore ist dies, da das Image von Physik (Unterrichtsfach und Wissenschaft) bei Schülern vergleichsweise nicht hoch ausgeprägt ist: Die Disziplin gilt unter Lernenden oft als schwierig und unattraktiv (Fruböse, 2010; Kessels, Hannover, Rau & Schirner, 2002) (Abb. 11).



(a) (Negatives) Image eines typischen Physikers.



(b) (Negatives) Image von Physik.



(c) (Positives) Image von Wissenschaft und Forschung.

Abb. 11: Das Schulfach (aber auch die Wissenschaft) Physik wird von Schülern/-innen als abstrakt, schwierig und lebensfern wahrgenommen. Viele Lernende haben derzeit also ein eher negatives Image von Physik (Fruböse, 2010; Weßnigk, 2013).

BEDEUTUNG IM KONTEXT SCHÜLERLABOR Der Gesamteindruck des Schulfachs Physik beeinflusst unmittelbar, welchen Anklang die Themen im Physikunterricht bei den Lernenden finden und bestimmen damit auch die Motivation oder das Interesse im Physikunterricht.

Dies hat weit reichende Folgen: Wenn Lernende etwa entscheiden, welche Kurse sie belegen wollen oder auch welche Studienfächer bzw. Berufe zu ihnen passen, so bevorzugen sie diejenigen Fächer, deren Image sie als ihnen selbst ähnlich empfinden. In gleicher Weise lehnen sie auf der anderen Seite Fächer ab, die sich von ihrem Selbstbild unterscheiden (sog. Selbst-Prototypen-Abgleich) (Kessels et al., 2002). Oder anders gesagt: Ändert sich nichts am schlechten Image von Physik, dürfte es auch in Zukunft schwer bleiben Lernende dafür zu begeistern. Wenn es darum geht, bei Jugendlichen Interesse zu wecken, kommt der Beachtung des *Images* von Unterrichtsfach und Wissenschaft Physik also eine große Bedeutung zu. Interessant ist hier vor allem die Frage, in welchem Maße Schülerlaborbesuche einen Beitrag zur Verbesserung des Images von Physik haben.

3.1.6 Berufsorientierung

Die Berufsfindung ist ein stark individualisierter Prozess und ist damit weniger durch strukturelle Rahmenbedingungen und institutionelle Angebote zur Berufsorientierung bestimmt, sondern wird in hohem Maße durch die Interessen, Einstellungen und Kompetenzen der Lernenden gesteuert (Oechsle & Knauf, 2007).

Die Interessenabnahme im Bezug auf naturwissenschaftliche Fächer und Themen hat in den letzten Jahren vor allem im Hinblick auf den vielzitierten Fachkräftemangel eine große volkswirtschaftliche Bedeutung (Domjahn, 2013; Zwick & Renn, 2000) bekommen. So stellten etwa Zwick und Renn (2000) um die Jahrtausendwende fest, dass die Anzahl der Jugendlichen, die einen naturwissenschaftlichen Leistungskurs wählen, besonders stark zurückgegangen ist. Dies ist besonders problematisch, da das Interesse an Naturwissenschaften sowie konkrete Erfahrungen in der Schule in gewisser Weise prädiktiv für die Kurswahl in der

gymnasialen Oberstufe und damit auch für die Berufs- und Studienfachwahl sind (Köller et al., 2006). Gerade in den MINT-Fächern Mathematik, Physik und Chemie trägt die Kurswahl wesentlich zur Berufsorientierung bei (Merzyn, 2008).

Neben dem Interesse spielt vor allem auch das Fähigkeitsselbstkonzept und das Image wichtige Rollen im Hinblick auf die Berufswahl (Köller et al., 2006). Fällt auch nur eine der drei Variablen ab, so sind die Auswirkungen auf die Berufsorientierung enorm: So zeigt sich etwa für Mädchen, dass selbst bei hohem Interesse und ausgeprägter Kompetenz, häufig die Entscheidung gegen einen naturwissenschaftlichen Beruf fällt (Kessels et al., 2002). Dies offenbart aufs neue die Schieflage des Images von Naturwissenschaft und des naturwissenschaftlichen Berufsfeldes als (vermeintliche) Männerdomäne (Weßnigk, 2013).

BEDEUTUNG IM KONTEXT SCHÜLERLABOR Erfreulich ist, dass (auch durch außerschulische Angebote, wie Schülerlabore) mittlerweile die Zahl der Studienanfänger in den MINT-Fachrichtungen stark angestiegen ist (Beckmann & Klaus, 2016). Diesem sehr positiven Befund steht aber auch die insgesamt steigende Nachfrage nach MINT-Arbeitskräften entgegen (besonders Fachkräfte mit beruflicher Ausbildung).

Da das Interesse an Naturwissenschaften und die Berufsorientierung Jugendlicher in der Wirkungskette so eng beieinander stehen, ist es auch sinnvoll die Berufsorientierung direkt im Kontext Schülerlabor zu untersuchen (Brandt, 2005; Weßnigk, 2013). Durch Schülerlabore wird zudem die Lebensweltnähe von Naturwissenschaft hervorgehoben. Lernende erhalten Orientierungshilfen für mögliche Tätigkeiten und berufliche Perspektiven auf Grundlage der im Schülerlabor gemachten authentischen Erfahrungen aus Forschung und Arbeitswelt (R. Müller, 2006).

In diesem Sinne ist mit *Berufsorientierung* in dieser Untersuchung gemeint, inwiefern durch den Schülerlaborbesuch die Bereitschaft beeinflusst werden kann, in einem naturwissenschaftlichen Beruf zu arbeiten. In diesem Zuge ist es ebenfalls von Bedeutung, wie sich das Fähigkeitsselbstkonzept der Lernenden im Bezug auf naturwissenschaftliche Arbeitsweisen ändert und wie sich der Schülerlaborbesuch auch auf andere Berufsfelder (neben dem naturwissenschaftlichen) auswirkt. Und dass dies durchaus möglich ist, zeigen die (positiven) Ergebnisse von Weßnigk (2013) (vgl. auch [Abschnitt 2.3](#)).

3.2 BEFUNDE ZUM EINFLUSS VON BETREUUNG AUF DIE WIRKSAMKEIT VON SCHÜLERLABOREN

Lernende besuchen ein Schülerlabor und betreiben dabei im Idealfall eine aktive Wissenskonstruktion in einer authentischen Umgebung. Doch was macht einen solchen Besuch *wirksam*? Übereinstimmend mit den Zielen von Schülerlaboren nach Euler et al. (2015) (vgl. [Abschnitt 2.1](#) auf [Seite 7](#)) gilt ein Schülerlaborbesuch dann als erfolgreich, wenn er es schafft die in [Abschnitt 3.1](#) ([Seite 25](#)) angeführten Zielvariablen positiv zu beeinflussen. Und dass Schülerlabore das Potential haben,

diese Zielvariablen zu beeinflussen, hat die bisherige Schülerlaborbegleitforschung recht gut gezeigt ([Abschnitt 2.3](#)).

Bei der Frage jedoch, welchen *Einfluss die Betreuung bzw. die Betreuenden* auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren haben, sieht die Situation ganz anders aus: Insgesamt ist die Befundlage in diesem Bereich recht dünn. Der gegenwärtige Forschungsstand in diesem speziellen Bereich wird im Folgenden dargelegt:

Zehren ([2009](#)) identifiziert *Instruktionsqualität* als bedeutender Prädiktor des Kompetenzerlebens. Des Weiteren scheint eine hohe Instruktionsqualität Defizite im Vorwissen der Lernenden ausgleichen zu können. Für den Zusammenhang zwischen intrinsischer Motivation der Schüler und Hilfe durch die Betreuer stellt er nur eine geringe Korrelation fest; gleiches gilt für die Akzeptanz des Schülerlaborbesuchs und die Hilfe durch die Betreuer. Dies liege nicht an den Betreuern, da diese als gut bewertet wurden. Zehren ([2009](#)) hält außerdem fest, dass es wichtig sei, dass die Betreuer an das Vorwissen der Schüler anknüpfen.

Glowinski ([2007](#)) berichtet, dass das Kompetenzerleben der Schüler maßgeblich durch die Instruktionsqualität, das Selbstkonzept und die Unterrichtseinbettung bestimmt wird und bestätigt somit den Befund von Zehren ([2009](#)). Instruktionsqualität und ein erhaltener Einblick in Forschung wirken zusammen mit dem individuellen Interesse als Einflussvariablen hinsichtlich des Interesses an Experimenten, Kontexten und der authentischen Lernumgebung. Besonders für Lernende mit einem niedrigen individuellen Interesse wird die Instruktionsqualität als wichtige Einflussgröße für das Kompetenzerleben identifiziert. Bei hochinteressierten Schülern ist die Instruktionsqualität hingegen von wesentlich geringerer Bedeutung. Für das Autonomieerleben hingegen ist die Instruktionsqualität sogar alleiniger signifikanter Prädiktor.

Pawek ([2009](#)) zeigt, dass Betreuung, Atmosphäre und die Verständlichkeit eine vergleichsweise große Relevanz für das Entstehen von situativen Interesse haben. Die Verständlichkeit und der Alltagsbezug sind bei ihm als die einzigen Laborvariablen für alle drei Komponenten des aktuellen Interesses signifikante Prädiktoren. Er belegt und unterstreicht damit nach Engeln ([2004](#)) die wichtige Rolle der Betreuung und Verständlichkeit bei Interessenentwicklung im Schülerlabor.

Gedigk, Pospiech und Kobel ([2014](#)) bestätigen und ergänzen diese Befunde. Sie zeigen, dass sich vor allem die wahrgenommene *Authentizität und Verständlichkeit* und das an die Lernenden angepasste *Anforderungsniveau* positiv auf die Interessenentwicklung der Jugendlichen auswirkt.

Obwohl die Forschungslage zum Einfluss der Betreuung auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen dünn ist, lassen die bisherigen Befunde keinen Zweifel daran, dass Betreuende und deren Betreuung einen wesentlichen Anteil an der Wirksamkeit von Schülerlaboren haben.

Doch gerade weil die Befundlage im Bereich Betreuung in Schülerlaboren nicht ausreicht, ist ein Blick in die Lehrerprofessions- und Unterrichtsforschung unerlässlich.

ANMERKUNG Interessant wäre es auch, die Effekte von Schülerlaborbesuchen auf die Betreuenden selbst zu betrachten. Da in dieser Untersuchung jedoch der

Einfluss von Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren im Fokus steht, wird an dieser Stelle nicht auf die Effekte auf die Betreuenden selbst eingegangen. Für Befunde zu diesem Aspekt von Schülerlaboren bzw. Lehr-Lern-Laboren wird auf bestehende Literatur verwiesen – z.B. Elsholz, Fried und Trefzger (2014), S. Fried, Elsholz und Trefzger (2014), Hascher (2012), Krofta, Fandrich und Nordmeier (2013).

3.3 PROFESSIONELLE HANDLUNGSKOMPETENZ

Geht man der Frage nach, was gute Betreuung an außerschulischen Lernorten ausmacht und welche Eigenschaften und Merkmale Betreuende im Kontext Schülerlabor aufweisen sollten, so empfiehlt sich aufgrund des strukturell recht ähnlichen Tätigkeitsfelds von Lehrkräften an Schulen und Betreuern in Schülerlaboren ein Blick in die Lehrerbildungsforschung. Dieser Abschnitt beschäftigt sich daher mit der Person des Lehrers im Schulunterricht und soll klären, was Lehrkräfte zu *erfolgreichen* Lehrkräften macht.

3.3.1 *Lehrkräfte als professionelle Akteure des Unterrichts*

Die Diskussion und Forschung über die professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften verläuft in recht unterschiedlicher Form, Tiefe und Umfang. Dennoch rücken Lehrpersonen selbst (wieder) stärker in den Fokus der Lehr-Lern-Forschung: Schon in den 1950er und 60er Jahren fokussierte die Lehrerbildungsforschung nämlich die Persönlichkeitsmerkmale erfolgreicher Lehrer als vermeintlich wesentlichsten Einfluss auf den Unterrichtserfolg (Türling, 2014). In den Folgejahren rückten jedoch eher Unterrichtsaspekte in den Fokus, die mit Leistungs-, Interessens- oder Einstellungsvariablen von Schülern korreliert wurden. Mittlerweile existieren belastbare Befunde, dass vor allem die *Unterrichtsqualität* den Lernerfolg der Schüler beeinflusst. Die Unterrichtsqualität ist dabei eng mit dem für die Steuerung des Unterrichts zentralen Professionswissens der Lehrkräfte verknüpft (Helmke, 2015; Helmke, Helmke, Schrader & Wagner, 2007; Türling, 2014). Obwohl sich also die Rolle der Lehrkraft innerhalb der Wirkzusammenhänge in den letzten Jahrzehnten geändert hat, so war, ist und wird der Lehrer stets ein tragende Rolle für Unterrichtserfolg einnehmen. Auch der australische Schulforscher John Hattie unterstreicht in seinen Studien die Bedeutung der Lehrkraft für guten Unterricht (Hattie, 2009). Dass es „auf den Lehrer ankommt“ (Lipowsky, 2006) steht außer Frage. Doch was macht einen guten Lehrer (heute) aus? Welche Stelle nehmen Lehrkräfte im Unterrichtsgefüge ein und was können sie wirklich leisten? Diese Fragen sind eng mit der Betreuerfrage im Schülerlabor verknüpft, daher ist die Lehrerprofessionsforschung auch für die Betreuer im Schülerlabor interessant.

PARADIGMEN DER LEHRERBILDUNGSFORSCHUNG In den letzten Jahrzehnten hat die Lehrerbildungsforschung einen Wandel vom sog. *Persönlichkeitsparadigma*,

über das *Prozess-Produkt-Paradigma*, hin zum *Expertenparadigma* vollzogen (Helmke, 2015; Türling, 2014). Das Persönlichkeitsparadigma war durch die Hoffnung gekennzeichnet, die Eigenschaften erfolgreicher Lehrer identifizieren zu können (Merkmale einer „positiven Lehrerpersönlichkeit“ wie z.B. Charaktereigenschaften oder ein bestimmter Führungs- und Unterrichtsstil). Jedoch ist der kausale Wirkungspfad von allgemeinen Persönlichkeitsmerkmalen der Lehrer hin zu Lernprozessen der Schüler zu lang und zu indirekt. Die Prozess-Produkt-Forschung verknüpfte bestimmte Aspekte des Unterrichts (z.B. Klarheit und Verständlichkeit) mit Zielkriterien (z.B. Schulleistung) über die Berechnung von Zusammenhangsmaßen (überwiegend Korrelationen) und lieferte so einen „großen Schatz empirisch begründeten Wissens über lern- und leistungsrelevante Merkmale des Unterrichtens“ (Helmke, 2015, S. 47). Das Experten-Paradigma schließlich erweitert das Prozess-Produkt-Paradigma, indem die Lehrkräfte als Experten für das Unterrichten bzw. als kompetente Fachleute betrachtet werden. Dies bedeutet, dass zwar wie beim Persönlichkeitsparadigma erfolgreiche Lehrkräfte in den Fokus rücken, jedoch nicht im Bezug auf Charaktereigenschaften oder Führungsstile, sondern hinsichtlich des professionellen Wissens, also ihrer fachlichen und fachdidaktischen Expertise.

1. Persönlichkeitsparadigma (1950er und 60er Jahre)

- (stabile) Persönlichkeitsmerkmale erfolgreicher Lehrer im Fokus
- nur wenige konsistente und praxisrelevante Ergebnisse, wenn dann trivial
- kaum Belege für „geborene Lehrer“ (Kunter & Pohlmann, 2015)
- größte Schwierigkeit war Bezug zu konkreten Interaktionen zwischen Lehrern und Schülern

2. Prozess-(Mediations)-Produkt-Paradigma (ab 1970er)

- Unterrichtsaspekte mit Leistungs-, Interessens- oder Einstellungsvariablen von Schülern in Beziehung zueinander gesetzt
- Zahlreiche empirische Befunde, aber Zergliederung in Einzelaspekte
- neben einfachem Input-Output auch Mediation und komplexere Wirkungsgefüge

3. Expertenparadigma (ab 1980er Jahre)

- Synthese der beiden oberen Ansätze
- Lehrer als (Unterrichts-)Experte; orientiert an Leistung und Wissen
- weniger Charakter oder Führungsstil betrachtet, sondern internale Voraussetzungen wie Können und Wissen (Abgrenzung / Weiterentwicklung vom Persönlichkeitsparadigma)
- systematische Betrachtung von zeitlich und sachlich dauerhaften Strukturen, statt einem Bündel von Teilfertigkeiten (Abgrenzung / Weiterentwicklung von Prozess-Produkt-Paradigma)

In der heutigen Lehrerbildungsforschung haben sowohl der Prozess-Produkt-Ansatz als auch der Expertenansatz ihre Berechtigung und ergänzen sich gegenseitig (Helmke, 2015). Die unterrichtlichen Wirkprozesse werden heute tiefgehend

untersucht, mit internalen Voraussetzungen von Lehrpersonen (Wissen und Können) verknüpft und mittels Erkenntnissen in der pädagogischen Psychologie zu Wirkmodellen zusammengefasst und stetig aktualisiert.

ASPEKTE PROFESSIONELLEN LEHRERHANDELNS Lehrkräfte sollen *kompetent* sein; auch im Sinne des Expertenparadigmas werden Lehrer als „Experten des Unterrichts“ (Helmke, 2015) mit ausgeprägtem professionellem Wissen betrachtet. Die Idee von Experten, die in ihren Berufen professionell handeln, ist dabei nicht neu. Wie unterscheidet sich aber *Lehrerhandeln* von *therapeutischem Handeln* – also von der Grundlage professionellen Handelns nach Oevermann (1996)? Baumert und Kunter (2006) legen Aspekte professionellen Lehrerhandelns auf Grundlage Oevermanns Theorie dar:

1. Schule als Institution

- Das Lehrerhandeln ist immer an institutionelle Entscheidungen gebunden. Im Gegensatz zum professionellen Handeln nach Oevermann (1996) bedeutet Fürsorge im pädagogischen Kontext weder Intimität noch Therapie, sondern eher die professionelle Förderung der Schüler in spezifischen Bereichen. Die zentrale Anforderung ist hier also die didaktische Vorbereitung und Inszenierung von Unterricht und nicht die intime Auseinandersetzung im Sinne therapeutischen Handelns. Die Grundstruktur der Lehrer-Schüler-Beziehung wird von der Institution Schule definiert, indem diese über das Bildungsprogramm den Rahmen des Lehrerhandelns abstecken.

2. Unterrichten und Erziehen

- Die beiden Teilaspekte *Unterrichten* und *Erziehen* sind untrennbar miteinander verbunden (KMK, 2004) – es gibt keinen Unterricht, der nicht auch gleichzeitig erzieht (Wilhelm, 2011). Dies heißt jedoch nicht, dass die komplette Erziehungsaufgabe ebenfalls vollständig auf den Lehrer abfällt. Erziehung ist Teil jeden Unterrichts, gehört jedoch mindestens in gleichem Maße auch außerhalb des Unterrichts; was wiederum die Lehrkräfte entlastet. Oser (1998) hat in diesem Zusammenhang drei Aspekte herausgearbeitet, die für Lehrkräfte verpflichtend (aber im Rahmen des spezifischen Auftrags der Lehrkräfte zu interpretieren) sind: Fürsorge, Gerechtigkeit und Wahrhaftigkeit.

3. Sicherung der Schülermotivation und des situationalen Interesses

- Ein Dauerproblem im unterrichtlichen Handeln stellt die Aufrechterhaltung der Motivation der Schüler dar. Durch die Interessendifferenzierung sinkt das spezifische Interesse an bestimmten Themen innerhalb eines Unterrichtsfachs. Zur Aufgabe von Lehrkräften gehört es daher im Sinne der Interessentheorie nach Krapp (1992) kognitiv herausfordernde didaktische Arrangements anzubieten (vgl. auch Hidi & Renninger, 2006; Mitchell, 1993). Und ob „dies gelingt oder nicht, ist keine Frage des intuitiven Fallverstehens, sondern eine Frage der sorgfältigen Un-

terrichtsplanung und einer erfahrungsgesättigten pädagogischen und fachdidaktischen Kompetenz“ (Baumert & Kunter, 2006, S. 476).

4. Erfolgsunsicherheit des Lehrerhandelns

- Schulerfolg ist immer maßgeblich von den Lernenden abhängig. Erfolgreiches Lehrerhandeln ist immer einer gewissen Unbestimmtheit und Unsicherheit unterworfen. Somit kann es auch keine immer gültigen „Transformationsregeln“ (Baumert & Kunter, 2006) geben, die Schulerfolg garantieren. Lehrerhandeln ist nicht technisch-instrumentell konzeptualisierbar, daher können Lehrer auch nur bedingt für das Ergebnis verantwortlich gemacht werden. Hinzu kommt auf der Adressatenseite, dass das *Lernen* auch nicht nur von den Lernenden abhängt. Vielmehr strukturiert der Kontext den Lerngegenstand: Lerngelegenheiten sind immer das Ergebnis sozialer Ko-Konstruktion.

Zusammenfassend ist festzuhalten: Lehrerhandeln ist nicht technisch-instrumenteller Natur. Das Expertenwissen von Lehrkräften (Expertise) führt zu gelungener Koordination von Unterrichtszielen, Unterrichtsplanung, Vorwissen und Motivation der Lernenden und erleichtert das Meistern der sozialen Interaktion im Unterricht (Neuweg, 2005). Zum professionellen Lehrerhandeln gehört das gesamte methodische, fachdidaktische und fachwissenschaftliche Repertoire. Das Verhältnis zwischen Lehrer und Schüler ist spezifisch, sachlich und universalistisch orientiert und deshalb gerade nicht psychotherapeutischer Natur, nicht standardisierbar und im Prinzip ebenfalls erfolgsunsicher (Baumert & Kunter, 2006).

3.3.2 Modell professioneller Handlungskompetenz

Auf Grundlage der von Shulman (1986) entwickelten Topologie und Typologie professionellen Wissens im Lehrerberuf schließt Bromme (1992) mit einer theoretisch begründeten Topologie des professionellen Wissens an. Die Topologie nach Bromme verbindet inhaltliche, auf Anforderungsanalysen der beruflichen Tätigkeit beruhende Wissensfacetten, mit einem *allgemeinen Professionsmodell*. Diese Topologie wiederum stellt die theoretische Basis dar, auf der das National Board for Professional Teaching Standards (NBPTS) sein Standard-Kompetenzmodell formulierte (NBPTS, 2002). Die Kernaussagen des NBPTS lauten:

1. *Teachers are committed to students and their learning.*
2. *Teachers know the subjects they teach and how to teach those subjects to students.*
3. *Teachers are responsible for managing and monitoring student learning.*
4. *Teachers think systematically about their practice and learn from experience.*
5. *Teachers are members of learning communities.*

Diese Kernaussagen des NBPTS lassen sich in Modell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften übersetzen (Baumert & Kunter, 2006). Dieses muss für das Handeln von Lehrpersonen spezifiziert werden, behält in seiner Grundstruktur

aber Gültigkeit. Diesem Modell (vgl. [Abb. 12](#)) zufolge entsteht professionelle Handlungskompetenz aus dem Zusammenspiel von

1. spezifischem, erfahrungsgesättigten deklarativen und prozeduralen Wissen (Kompetenzen im engeren Sinne: Wissen und Können);
2. professionellen Werten, Überzeugungen, subjektiven Theorien, normativen Präferenzen und Zielen;
3. motivationalen Orientierungen;
4. metakognitiven Fähigkeiten und Fähigkeiten professioneller Selbstregulation.

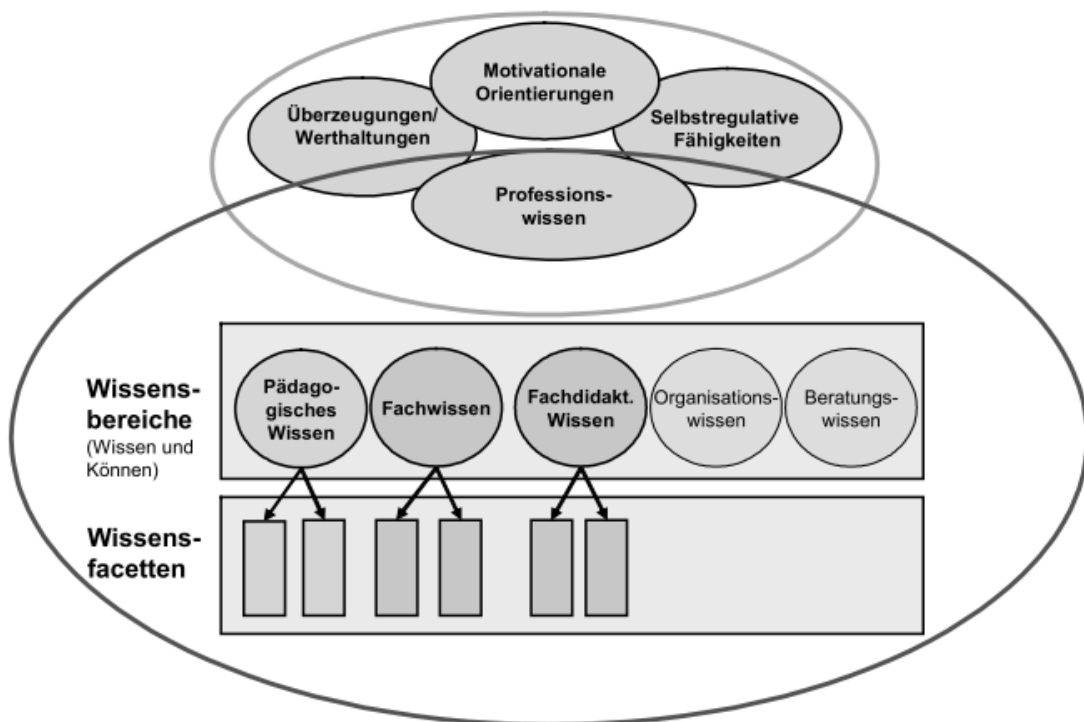


Abb. 12: Das Modell professioneller Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006).

3.3.3 Professionswissen

Das Wissen und das Können – also das deklarative, prozedurale und strategische Wissen – stellt die zentrale Komponente der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften dar und bildet damit den Kern der Professionalität (vgl. Abb. 12). Generell meint *Professionswissen* das Wissen, über welches die Angehörigen einer bestimmten Profession verfügen und das für diese Profession charakteristisch ist (Stichweh, 1996).

Das Professionswissen unterscheidet zurückgehend auf Shulman (1986) drei Wissensbereiche, die sich auch in der Praxis durchgesetzt haben (vgl. z.B. Helmke, 2014; Kunter & Pohlmann, 2015) das *allgemeine pädagogische Wissen (PW)*, das *Fachwissen (FW)* und das *Fachdidaktische Wissen (FDW)*. Systematisch wird das Triple bei Baumert und Kunter (2006) von FW, FDW & PW um zwei weitere Bereiche ergänzt: Das *Organisationswissen* (vgl. L. Fried, 2003; Shulman, 1987) und das *Beratungswissen* (vgl. Rambow & Bromme, 2000).

Formal kann zwischen theoretisch-formalem Wissen und praktischem Wissen und Können unterschieden werden: das Professionswissen manifestiert sich dann als Können der Lehrkraft im Unterricht (Fischler, 2015). Erfolgreiches Lehrerhandeln beruht dabei immer auf einer intuitiven Interpretation der jeweiligen Situation. Professionelles Wissen ist domänenspezifisch und ausbildungs- bzw. trainingsabhängig. Dieses Expertenwissen ist sehr gut vernetzt und hierarchisch organisiert; es integriert Kontexte und erlaubt variantenreicheren Unterricht. Dabei sind grundlegende Handlungsprozeduren automatisiert, aber stets flexibel an bestimmte Gegebenheiten und Kontexte adaptierbar (Hatano & Inagaki, 1986).

Fachwissen & Fachdidaktisches Wissen

Fachwissen und fachdidaktisches Wissen sind zwei theoretisch und empirisch trennbare Wissensbereiche (vgl. Abb. 12). Das Fachwissen bezieht sich sowohl auf Wissen über die Inhalte und Methoden des jeweiligen Fachs, als auch auf epistemologisches Wissen über das zu unterrichtende Fach (Riese et al., 2015). Die Struktur des Fachwissens ist stark vom Fach selbst abhängig: Die historisch gewachsene und sachlogische Struktur eines bestimmten Unterrichtsfachs spiegelt sich in zentralen Lehrwerken und in den Lehrplänen wider.

Das Fachdidaktische Wissen ist jenes spezifische Wissen, das Lehrkräfte dazu befähigt, die fachlichen Inhalte im Unterricht adressatengerecht zu strukturieren und darzustellen (Shulman, 1986, 1987). Für das Fachdidaktische Wissen existiert in den Naturwissenschaften weder national noch international eine einheitliche, umfassende und auf ein Rahmenmodell abgestimmte Modellierung (Riese et al., 2015) – daher ergeben sich auch Schwierigkeiten bei der Modellierung und Operationalisierung von FW und FDW.

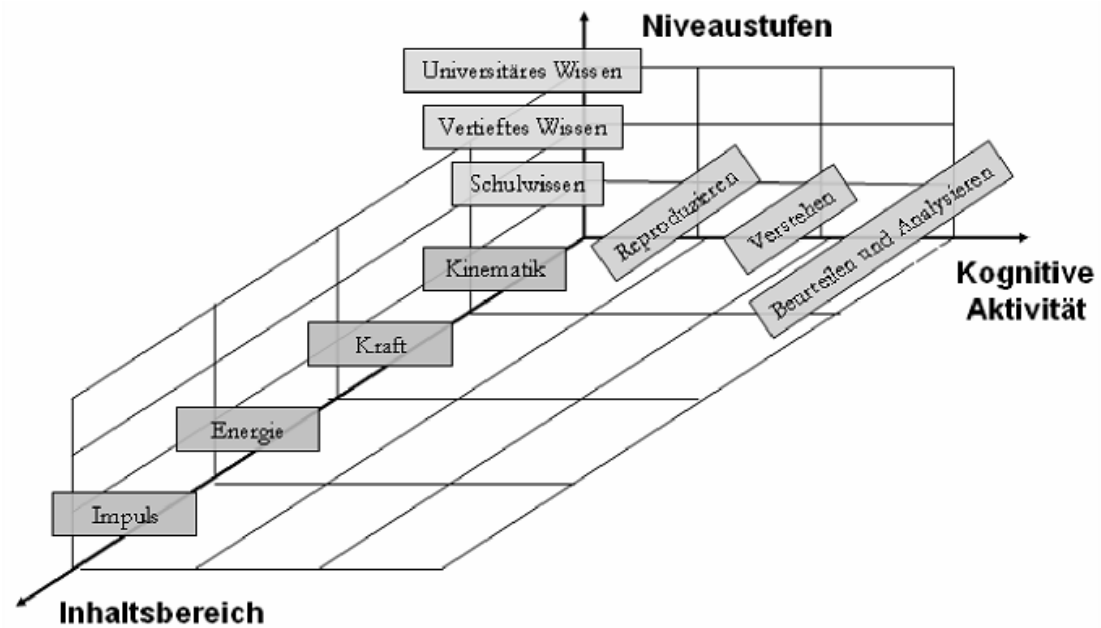
Die individuelle Ausprägung der beiden Facetten FW und FDW ist ausbildungsabhängig und variiert je nach Ausbildung stark (Fischer & Krabbe, 2015). Das Fachwissen ist die Grundlage, auf der fachdidaktische Expertise entstehen kann; gerade daher bedarf es größter Aufmerksamkeit (Kunter, 2011; Riese et al., 2015). So konnte in quantitativen Studien nachgewiesen werden, dass das tatsächlich im Unterricht verfügbare fachdidaktische Handlungsrepertoire von Lehrkräften

maßgeblich von der Ausprägung ihres konzeptuellen Fachverständnisses abhängt (vgl. Baumert & Kunter, 2006). (Lipowsky, 2007, S. 29) unterstreicht die enorme Bedeutung des FDW: „Erfolgreiche Lehrpersonen unterscheiden sich von weniger erfolgreichen Lehrpersonen weniger in ihrem fachlichen und pädagogischen Wissen an sich, sondern vor allem darin, wie sie es organisieren und unterrichtlich einsetzen. Damit ist vor allem ihr fachdidaktisches Können gemeint.“ Anzumerken ist, dass das fachdidaktische Wissen eine eigene Wissensfacette darstellt und so auch vom Fachwissen variieren kann; als solches scheint das fachliche Verständnis eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung für guten Unterricht zu sein (Kunter & Pohlmann, 2015).

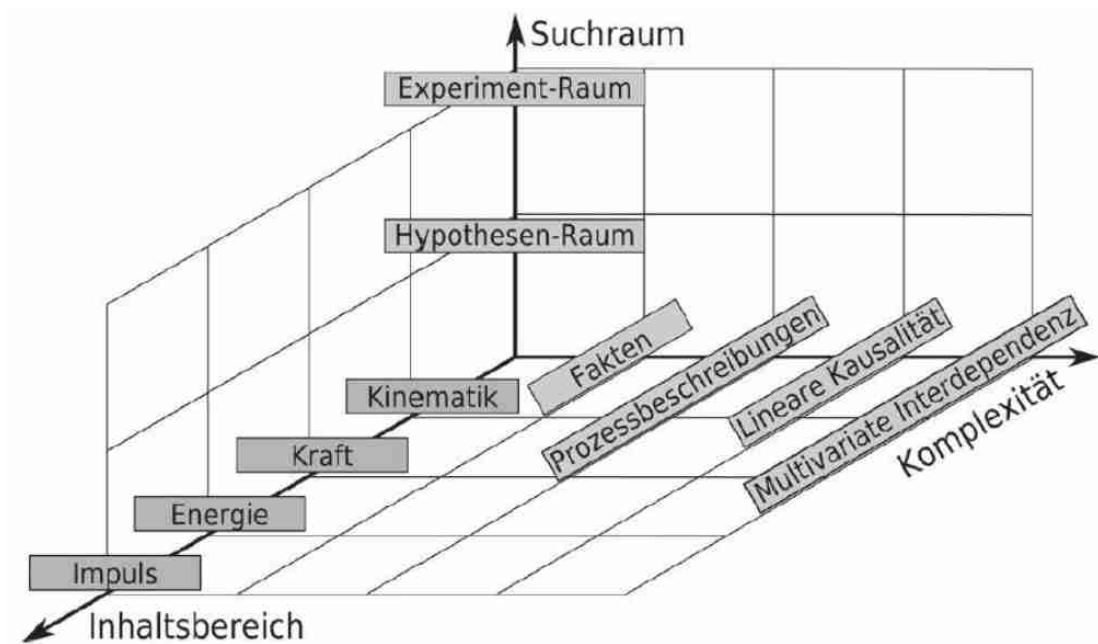
Im Rahmen der COACTIV-Studie (Cognitive Activation in the Classroom: The Orchestration of Learning Opportunities for the Enhancement of Insightful Learning in Mathematics) (Kunter et al., 2011) konnten für den Mathematikunterricht positive Zusammenhänge zwischen fachlicher Expertise der Lehrkraft und Lernleistung der Schüler gefunden werden. Zudem wurde hier die Trennbarkeit von FW & FDW empirisch betätigt, wobei die Facetten hohe positive Interkorrelationen aufwiesen. Weiterhin zeigten sich positive Zusammenhänge von FDW, Unterrichtsqualität und Leistungen der Schüler; wobei eher das FDW und weniger das FW die Unterrichtsqualität und Lernerfolg der Schüler beeinflusst. Damit konnte das FDW (bei COACTIV) als wesentlichster Prädiktor für Unterrichtserfolg identifiziert werden.

STRUKTUR VON PHYSIKALISCHEM FW & FDW Die Annahme, dass Lehrkräfte über ein ausgeprägtes FW verfügen sollen, um im Unterricht professionell handeln zu können (notwendige Bedingung), ist in der Literatur „weitgehender Konsens“ (Vogelsang, 2014, S. 51). Welche Inhalte, in welcher Ausprägung und in welcher Form und Struktur jedoch das FW haben sollte, ist noch immer eine Frage, bei der keine Einigkeit besteht. Diese *Modellierung* des FW ist je nach Untersuchung unterschiedlich gelöst, obwohl begrüßenswerte strukturelle Ähnlichkeiten durchaus vorhanden sind (vgl. z.B. Riese, 2009; Woitkowski, Riese & Reinhold, 2011). Gleiches gilt im Grunde auch für das FDW (vgl. z.B. Gramzow, 2015; Riese, 2009). Auch hier existieren einige Modellierungen, die sich in Form, Umfang und Tiefe unterscheiden, generell jedoch recht gut zueinander passen. Dies gewinnt insbesondere an Bedeutung, da von der konkreten Modellierung des FW & FDW gleichzeitig immer auch die Wirkzusammenhänge zwischen dem Wissen der Lehrer, dem unterrichtlichen Handeln und dem Outcome auf Schülerseite mitgestaltet werden.

In [Abb. 13](#) bzw. [14](#) finden sich beispielhaft je zwei unterschiedliche Modellierungen von FW & FDW. Das zur Evaluation der universitären Phase in der Physiklehramtsausbildung entwickelte Modell des FW nach Riese (2009) beruht im Kern auf dem Modell professioneller Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006) ([Abb. 13a](#)). Dieses Modell unterscheidet die Dimensionen *Inhaltsbereiche*, *Niveaustufen* und *kognitive Aktivitäten*. An Riese (2009) anknüpfend zeigen Woitkowski et al. (2011) ([Abb. 13b](#)) ein Modell des FW, bei dem die Dimensionen *Niveaustufen* und *kognitive Aktivitäten* nach Riese (2009) unter *Komplexität* subsumiert werden und das FW um Merkmale der syntaktischen Struktur der Physik erweitert werden (*Suchraum*).

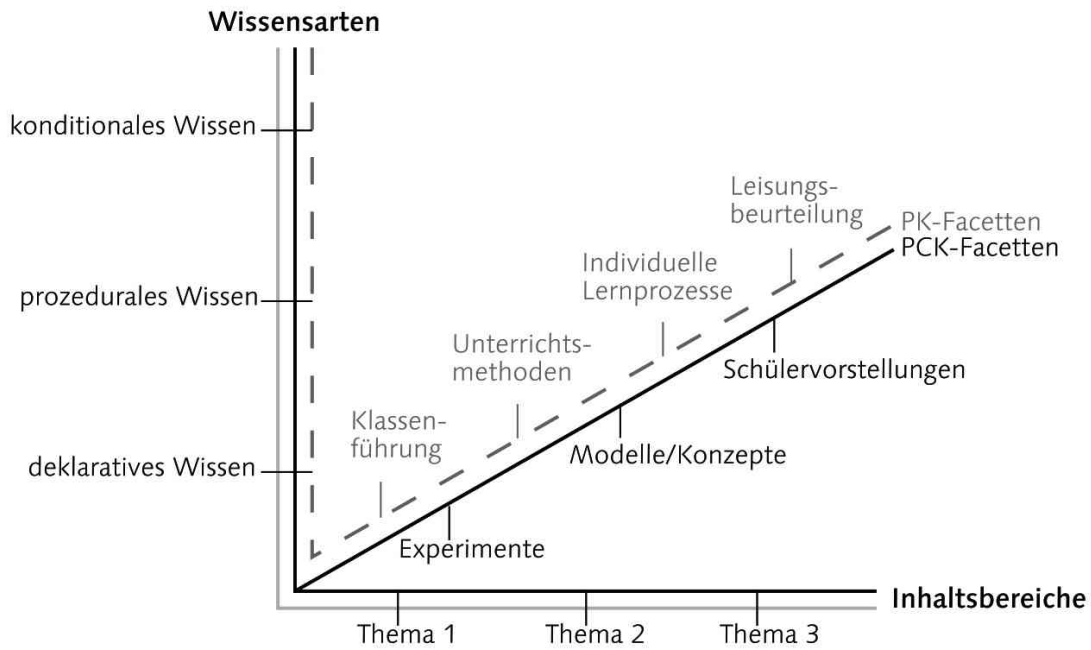


(a) Rahmenmodell fachlicher Kompetenz nach Riese (2009).

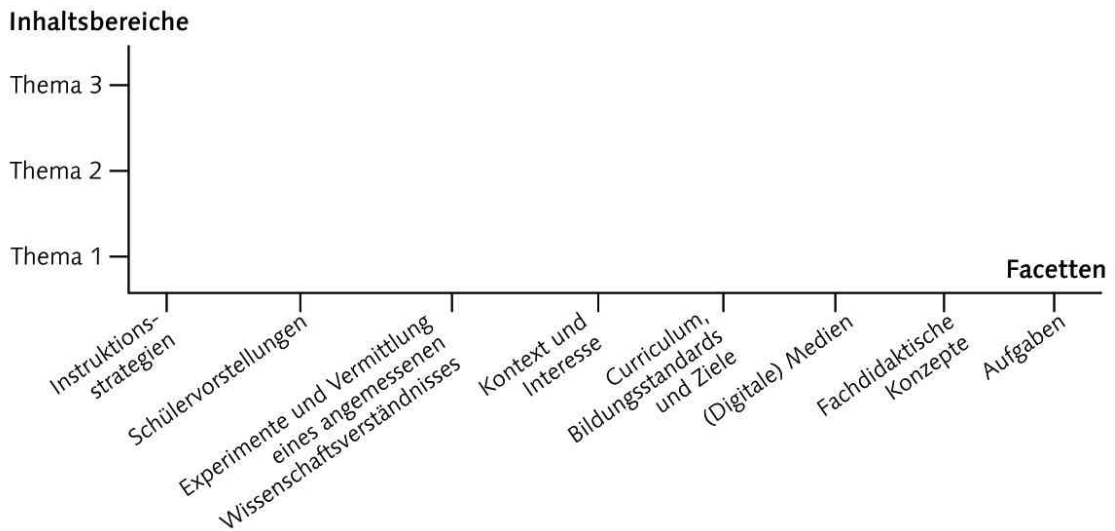


(b) Strukturmodell zum Umgang mit Experimenten und Modellen nach Woitkowski et al. (2011) aus Vogelsang (2014).

Abb. 13: Die Modellierung von Fachwissen erfolgt je nach Autor und ursprünglichem Einsatzzweck auf unterschiedliche Weise. Allen gemein ist, dass die Einteilung der Wissensbereiche in bestimmte Dimensionen erfolgt. Dies ermöglicht eine differenzierte Untersuchung des Fachwissens.



(a) Modell zur Konzeption zur Erfassung des Professionswissens nach Tepner et al. (2012) aus Gramzow et al. (2013).



(b) Konzeptualisierung fachdidaktischen Wissens nach Gramzow (2015).

Abb. 14: Die Modellierung von fachdidaktischem Wissen erfolgt ebenfalls je nach Autor bzw. Arbeitsgruppe auf unterschiedliche Weise häufig vor dem Hintergrund einer Testkonstruktion (Verwendung als Itemmodell).

Ein ebenfalls dreidimensionales Modell des FDW liefern Tepner et al. (2012) (Abb. 14a). Hier werden die Dimensionen *Facetten*, *Wissensarten* und *Inhaltsbereiche* unterschieden. Neben den *Facetten* des Pedagogical Content Knowledge (PCK), was prinzipiell dem fachdidaktischem Wissen (FDW) entspricht, sind in grau gezeichnet auch *Facetten* des Pedagogical Knowledge (PK) – also dem pädagogischen Wissen (PW) enthalten. Riese (2009) visualisiert zudem ein eindimensionales Modell zum FDW (innerhalb eines bestimmten Themenkomplexes) mit fünf *Facetten*; wobei diese *Facetten* verschiedenen Wissensbereichen in einem Kontinuum zwischen deklarativem und prozeduralem Wissen zugeordnet werden können. Das Modell von Gramzow (2015) modelliert FDW zweidimensional (Abb. 14b). Sie unterscheidet *Inhaltsbereiche* und *Facetten*.

Zu bemerken ist hier, dass die für das FW erstellten Modellierungen nach Riese (2009) und Woitkowski et al. (2011) und auch die FDW-Modellierung nach Tepner et al. (2012) mehr oder weniger vor dem Hintergrund einer Testkonstruktion stattgefunden haben und somit auch als Modelle für die Itementwicklung angesehen werden können. All diese Modelle sind dreidimensional gestaltet. Auch Gramzow (2015) hat für die Itementwicklung ihres FDW-Tests ihr Modell um die Dimension *kognitive Anforderungen* erweitert und damit ebenfalls ein dreidimensionales Itementwicklungsmodell vorgelegt.

Pädagogisches Wissen

Das allgemeine pädagogische Wissen (PW) meint jenes fachunabhängige Wissen über pädagogische, psychologische und allgemein didaktische Konzepte und Inhalte (Riese et al., 2015). Da diese Komponente im Gegensatz zu FW & FDW eher allgemeiner Natur ist und nicht an eine bestimmte Domäne bzw. einen Fachbereich gebunden ist, lassen sich *Facetten* identifizieren (Baumert & Kunter, 2006):

1. Konzeptuelles bildungswissenschaftliches Grundlagenwissen
 - Erziehungsphilosophische, bildungstheoretische und historische Grundlagen von Schule und Unterricht
 - Theorie der Institution
 - Psychologie der menschlichen Entwicklung und des Lernens und der Motivation
2. Allgemeindidaktisches Konzeptions- und Planungswissen
 - Metatheoretische Modelle der Unterrichtsplanung
 - Fachübergreifende Prinzipien der Unterrichtsplanung
 - Unterrichtsmethoden im weiten Sinne
3. Unterrichtsführung und Orchestrierung von Lerngelegenheiten
 - Inszenierungsmuster von Unterricht
 - Effektive Klassenführung
 - Sicherung einer konstruktiv-unterstützenden Lernumgebung
4. Fachübergreifende Prinzipien des Diagnostizierens, Prüfens und Bewertens

Neben dem FDW gilt auch das PW als maßgeblich für den Unterrichtserfolg (Kunter & Pohlmann, 2015). Voss, Kunter, Seitz, Hoehne und Baumert (2014) stellen signifikante Zusammenhänge zwischen pädagogisch-psychologischen Wissen von

angehenden Lehrkräften und den Unterrichtsmerkmalen *Klassenführung* sowie *konstruktive Lernunterstützung* fest. Für das Potenzial zur kognitiven Aktivierung im Unterricht erwies sich das PW hingegen als nicht bedeutsam.

Für die Messung von PW ergibt sich analog zum FW & FDW das gleiche Problem: Es existiert bisher keine anerkannte Modellierung zur Beschreibung und inneren Differenzierung (Vogelsang, 2014). Daher fällt eine direkte und reliable Erfassung von PW schwer (vgl. auch Kemna, 2012).

3.3.4 Weitere Aspekte professioneller Handlungskompetenz

Im Modell von Baumert und Kunter (2006) (Abb. 12 auf Seite 40) finden sich weitere Aspekte professioneller Handlungskompetenz:

WERTHALTUNGEN & ÜBERZEUGUNGEN Unter dem Sammelbegriff *Werthaltungen und Überzeugungen* verstehen Baumert und Kunter (2006) Merkmale der eigenen Professionsmoral, die einen Einfluss auf das Handeln einer Person haben können. Die Autoren beschreiben zu diesem Aspekt professioneller Handlungskompetenz vier pädagogisch relevante Überzeugungen einer Person:

1. Wertbindungen (*value commitments*)
 - Überzeugungen zur Berufsmoral bzw. zur Berufsethik von Lehrkräften beschreiben, über welche moralischen Vorstellungen Lehrpersonen verfügen sollten bzw. welche sie in ihren Tätigkeiten beachten sollten (Vogelsang, 2014)
 - bis heute unklar, welche Auswirkungen die spezifischen Wertpräferenzen für das professionelle Handeln von Lehrkräften tatsächlich haben
 - Werthaltungen strukturieren die Art der Begegnung mit der Umgebung.
 - beeinflussen Kognitionen, wie z.B. Denken, Informationsverarbeitung, Lernen und Motivation
2. Epistemologische Überzeugungen
 - bezeichnen subjektive Ansichten und Vorstellungen zum Wissen an sich und zum Erwerb von Wissen (epistemologischer Status von Wissen)
 - umfassen Überzeugungen zur Struktur, Verlässlichkeit und Rechtfertigung des Wissens
 - hängen mit Unterrichtsführung zusammen (Ergebnisorientierung, Geschwindigkeit, Bedrohlichkeit, Autonomie, Verständnisorientierung)
 - oft stabil und veränderungsresistent
3. Subjektive Theorien über Lehren und Lernen
 - meint Überzeugungen, die die Lehr-Lern-Prozesse des Unterrichts betreffen
 - subjektive Ansichten und Vorstellungen über die Funktionsweise von Lernprozessen bei Schülern

- beeinflussen die allgemeinen Zielvorstellungen des eigenen Unterrichts, die Wahrnehmung und Deutung von Unterrichtssituationen, die an Schüler gerichteten Erwartungen und ebenfalls das professionelle Handeln im Unterricht

4. Zielsysteme für Curriculum und Unterricht

- beschreiben Überzeugungen dazu, welche Ziele im Unterricht als sinnvoll angesehen werden
- Domänen-spezifische Unterscheidung

Die COACTIV-Studie (Kunter et al., 2011) zeigte, dass Lehrkräfte (im Mathematikunterricht) mit konstruktivistischen Überzeugungen stärker auf kognitiv aktivierenden Unterricht setzten. Dadurch erzielten sie eine bessere Unterrichtsqualität, sowie höhere Lernerfolge auf Seiten der Schüler als Lehrkräfte mit transmissiven Überzeugungen (Türling, 2014).

MOTIVATIONALE ORIENTIERUNGEN Mit *motivationaler Orientierung* meinen Baumert und Kunter (2006) die Einstellung bzw. die Bereitschaft von Lehrpersonen, bestimmte Handlungen oder Tätigkeiten auszuführen und dabei die Motivation aufrechtzuerhalten. Die motivationalen Orientierungen von Lehrkräften sind damit für das Aufrechterhalten der Intention und die Überwachung und Regulation des beruflichen Handelns über einen langen Zeitraum verantwortlich. Im Modell professioneller Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006) werden zwei Kategorien motivationaler Orientierungen unterschieden:

1. Intrinsische Motivation (vgl. [Abschnitt 3.1.2](#) auf [Seite 28](#)) &
2. Selbstwirksamkeitserwartungen (vgl. [Abschnitt 3.1.4](#) auf [Seite 30](#)).

Baumert und Kunter (2006) verstehen Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) als Teil des Systems motivationaler Orientierungen. Lehrkräfte mit ausgeprägter SWE zeigen größeren Enthusiasmus für den Unterricht, stärkere normative Bindung an ihre Unterrichtstätigkeit, sowie eine höhere Verbleibswahrscheinlichkeit im Beruf (Schmitz & Schwarzer, 2000). Eine hoch ausgeprägte Selbstwirksamkeit begünstigt zudem die Widerstandsfähigkeit bei der Bewältigung von Berufsstress und geht mit ausgeprägterem beruflichem Engagement und größerer Berufszufriedenheit einher. Es zeigte sich sogar, dass *kollektive SWE* einen positiven Einfluss auf *individuelle SWE* von Lehrkräften einer Schule haben (Goddard & Skrla, 2006). Die SWE von Lehrkräften korrelieren zudem mit der *intrinsischen Motivation* – also dem Enthusiasmus im Unterricht und der Wertschätzung des Unterrichtens. Studien berichten über positive Zusammenhänge mit der Qualität der Klassenführung, erlebter konstruktiver Unterstützung und der kognitiven Herausforderung im Unterricht (Drexler, 2014; Krüger, 2015; Kunter et al., 2011).

SELBSTREGULATION Die *selbstregulativen Fähigkeiten* von Lehrkräften hängen eng mit den motivationalen Orientierungen zusammen und umfassen das Engagement und die Distanzierungsfähigkeit von Lehrkräften im schulischen Alltag. Damit bezeichnet die Fähigkeit zur Selbstregulation den Umgang der eigenen

Handlungsressourcen einer Person in bestimmten (Belastungs-)Situationen (Vogelsang, 2014).

Das Berufengagement und die Distanzierungsfähigkeit scheinen eng miteinander verbunden zu sein. Die subjektiv erlebte Belastung wird z.B. bei Hallstein (1993) als Prädiktor für die Verweildauer im Beruf angeführt. Vor allem die Kombination aus hohem Engagement und guter Distanzierungsfähigkeit von Lehrpersonen geht mit hoher Berufszufriedenheit, geringer emotionaler Erschöpfung, persönlichem Wohlbefinden einher (Klusmann, Kunter, Trautwein, Lüdtke & Baumert, 2008; Kunter et al., 2011) und hat somit auch direkten Einfluss auf die Unterrichtsführung.

3.3.5 Professionelle Handlungskompetenz im Schülerlabor

Aufgrund der Ähnlichkeiten bzw. Überschneidungen der Zielstellungen von Schule und Schülerlabor, scheint die Vermutung plausibel, dass die Merkmale einer guten Lehrkraft in der Schule auch mit denen von Betreuern im Schülerlabor übereinstimmen.

Daher sollten für die Untersuchung von Betreuern im Schülerlabor in jedem Fall die nach Baumert und Kunter (2006) relevanten Aspekte von professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften beachtet bzw. erhoben werden. Besondere Aufmerksamkeit liegt dabei auf dem Professionswissen und dessen Dreiteilung in Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und pädagogischem Wissen.

SOZIALE KOMPETENZEN DER BETREUENDEN Da die Schüler am Versuchstag selbst i.d.R. das erste Mal in Kontakt mit den Betreuern treten, ist die Wahrnehmung des Betreuers evtl. sogar entscheidender als die wirkliche fachliche, fachdidaktische oder pädagogische Expertise.

Diese Vermutung wird von einer Vielzahl an Forschungsbefunden gestützt: So stellt Schumacher (2011) fest, dass häufig der *Anfang* der Arbeitsbeziehung über den Rest entscheidet. Lipowsky (2015, S. 93) ergänzt, dass die Qualität der Lehrer-Schüler-Beziehung das Potenzial besitzt, „die affektiv-motivationale Entwicklung der Lernenden zu fördern und darüber auch den Lernerfolg zu beeinflussen.“ Diese Lehrer-Schüler-Beziehung lässt sich nun sehr gut auch auf das Schülerlabor als Betreuer-Schüler-Beziehung übertragen. Wenn nämlich (wie im Schülerlabor angestrebt) Betreuer und Schüler im Sinne einer Expertengemeinschaft zusammenarbeiten und die Schüler auf die kompetente Unterstützung durch den Betreuer vertrauen können, so wirkt diese Art der Betreuer-Schüler-Beziehung in besonderer Weise positiv auf den Lernerfolg (Riedl, 2014; Riedl & Schelten, 2012).

Somit rücken im Kontext eines einmaligen Schülerlabors (neben der professionellen Handlungskompetenz) auch die *sozialen Kompetenzen der Betreuenden* in den Fokus. Denn es ist davon auszugehen, dass die einem Betreuer entgegengebrachte Sympathie ebenfalls Auswirkungen auf die Wirksamkeit des Laborbesuchs hat.

Damit ist zum einen die individuelle Attribuierung der Betreuenden durch die Lernenden (Zuschrift von sozialen Kompetenzen) und zum anderen die durch die

Lernenden wahrgenommene Betreuer-Schüler-Beziehung (im Sinne einer Lehrer-Schüler-Beziehung im schulischen Umfeld) gemeint.

3.4 DIE QUALITÄT DER BETREUUNG IM SCHÜLERLABOR

Der Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen ist bisherigen Arbeiten zu Schülerlaboren noch nicht schwerpunktmäßig untersucht worden. Es zeigt sich zusammenfassend (vgl. [Abschnitt 2.3](#)): Betreuung, Atmosphäre und Verständlichkeit haben einen großen Einfluss auf alle Komponenten aktuellen Interesses (Gedigk, 2015; Pawek, 2009). Die im Hinblick auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen bisher untersuchten personenbezogenen Größen identifizieren Instruktionsqualität zwar als bedeutenden Prädiktor des Kompetenzerlebens (Zehren, 2009), sowie als wesentlicher Einflussfaktor auf das Interesse an den Experimenten, Kontexten und der Lernumgebung (Glowinski, 2007; Streller, 2015), gehen aber nicht weiter auf Eigenschaften bzw. Merkmale der Betreuer und auf die Facetten guter Betreuung im Schülerlabor ein.

Aus diesem Grund ist ein Blick in die Unterrichtsforschung unerlässlich. Insbesondere, da offene Lernumgebungen (z.B. Schülerlabore) besonders dann wirksam sind, wenn diese sich durch Merkmale lernwirksamen Unterrichts auszeichnen (Lipowsky, 2015). Zunächst gilt es daher bedeutsame Aspekte von Unterrichtsqualität zu identifizieren und auf den Kontext Schülerlabor zu transferieren.

3.4.1 *Auswahl bedeutsamer Merkmale von Betreuungsqualität auf Basis der Unterrichtsforschung*

Die Fokussierung der der Lehrerbildungsforschung auf den Unterricht ist historisch gewachsen (vgl. [Abschnitt 3.3](#)). Heute gilt Unterricht als das „Kerngeschäft“ von Schule und sollte daher im Zentrum der Professionalisierungsbemühungen von Lehrpersonen stehen (Helmke et al., 2015b). Doch was ist überhaupt guter Unterricht? Welche Merkmale zeichnen guten Unterricht aus?

GUTER UNTERRICHT Von gutem bzw. erfolgreichem Unterricht spricht man, wenn es der Unterricht schafft, gewünschte Ergebnisse auf Schülerseite hervorzu-rufen. Dies kann z.B. der Leistungszuwachs der Lernenden oder aber auch andere Variablen, wie die Verbesserung der Lernfreude oder die Zunahme des Selbstvertrauens sein. Diese *Ergebnisse* werden in der Unterrichtsdiagnostik auch als *Produkte* guten Unterrichts bezeichnet (Helmke, 2015). In der Unterrichtsforschung werden diese, den Unterrichtserfolg definierenden, *Produkte* mit *Prozessmerkmalen* des Unterrichts (Unterrichtsmerkmalen) in Beziehung zueinander gesetzt (z.B. Korrelationen und Effektstärken).

Dabei gilt es zu beachten, dass eine Verknüpfung von *Merkmalen* des Unterrichts und *Wirkungen* auf Schülerseite im Sinne eines einfachen Prozess-Produkt-Modells in den seltensten Fällen ausreichend ist. Denn Schulleistungen bzw. bestimmte Wirkungen sind immer das Ergebnis vieler Faktoren (Helmke, 2014). So

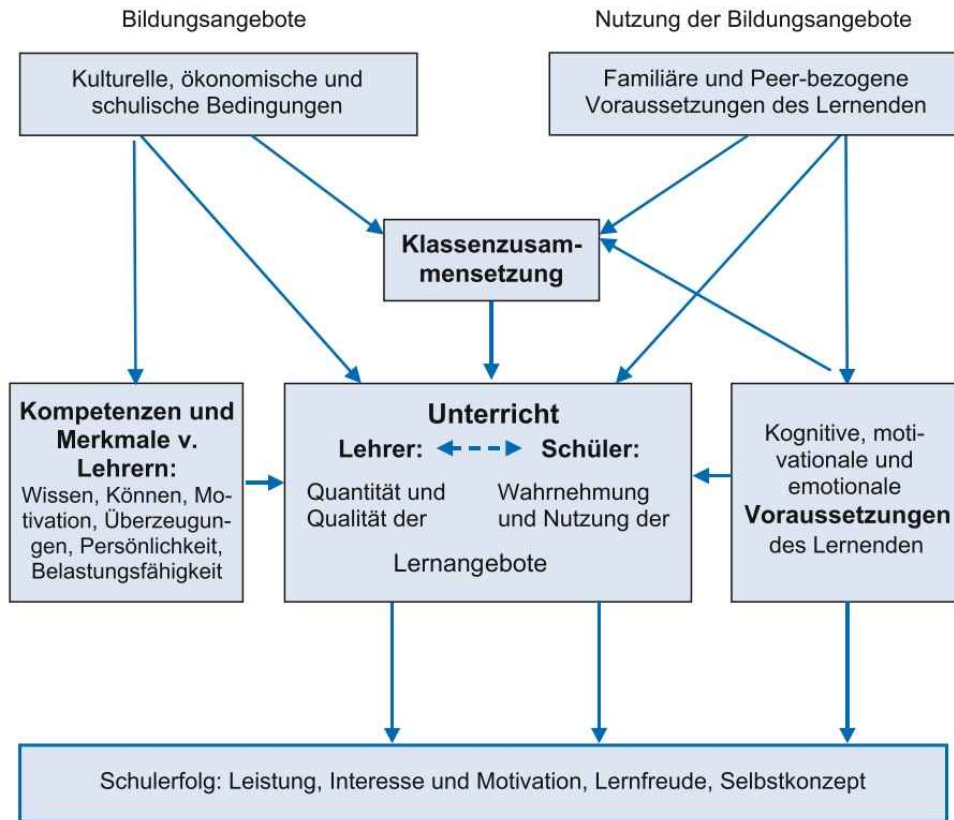


Abb. 15: Das Angebots-Nutzungs-Modell für Schulunterricht nach Helmke (2015) aus Lipowsky (2015).

sind solche Zusammenhänge immer kontextabhängig und unterliegen sowohl kombinatorischen, als auch kompensatorischen Effekten. So spielt das Fachwissen der Lehrkräfte, genau wie auch die Qualität des Lehrmaterials, die Unterrichtszeit, das Lernpotential und Interesse der Schüler oder auch das Schul- und Klassenklima eine Rolle in der Wirkungskette mit einer bestimmten *Wirkung* bzw. einem *Produkt* als Resultat. So wird guter, wie auch schlechter Unterricht durch sehr vielschichtige Merkmalskonstellationen charakterisiert (Weinert, 1999).

Diese Komplexität beachtend, versucht Helmke (2015) im Rahmen seines sog. *Angebots-Nutzungs-Modells*, die zahlreichen Faktoren von Unterrichtsqualität mit Merkmalen der Lehrpersonen, der Wirkungsweise und Zielkriterien des Unterrichts, sowie den unterrichtlichen Wirkungen zu vereinen (vgl. Abb. 15). In diesem Modell wird Unterricht in seiner Gesamtheit als *Angebot* aufgefasst; dieses Angebot führt im unterrichtlichen Lehr-Lern-Prozess nicht zwingend und nicht in direkter Weise zu den *Wirkungen*, sondern ist immer von vermittelnden Prozessen auf Schülerseite abhängig. So hängt die Wirkung bzw. der *Schulerfolg* davon ab, inwiefern die unterrichtlichen Maßnahmen der Lehrkraft von den Lernenden überhaupt wahrgenommen bzw. genutzt werden und ob und zu welchen Prozessen sie auf Schülerseite führen (Mediationsprozesse). Mit anderen Worten: Unterricht ist im Rahmen des Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2015, S. 71) immer nur ein Angebot.

Der große Mehrwert des Modells liegt in der Verdeutlichung möglicher Wirkmechanismen und -richtungen. So berücksichtigt das Modell etwa auch die Expertise

der Lehrkräfte im Sinne der professionellen Lehrerkompetenz nach Baumert und Kunter (2006) (vgl. [Abschnitt 3.3](#)). Es liefert einen kompakten Überblick über die wichtigsten Variablen zur Erklärung des Schulerfolgs, ist empirisch gut abgesichert und benennt klar mögliche „Stellschrauben“ zur Erhöhung des Lernerfolgs (Helmke in H. Meyer & Terhart, 2007).

QUALITÄTSMERKMALE VON UNTERRICHT Konzentriert man sich auf den Unterricht als das „Kerngeschäft“ von Schule (Helmke et al., 2015b), so finden sich in der Literatur eine Vielzahl an Merkmalen guten Unterrichts bzw. Qualitätsmerkmalen von Unterricht, die i.d.R. auch gut empirisch abgesichert sind (z.B. Astleitner & Katstaller, 2014; Gold, 2015; Helmke, 2014, 2015; Lipowsky, 2007, 2015; H. Meyer, 2014). Die Darlegung und Beschreibung von Merkmalen guten Unterrichts entgegnet in übersichtlicher Weise sowohl den sperrigen und unstrukturierten Kompetenzkatalogen, als auch den kritisch zu sehenden „Lehrer sollten...“-Anweisungen (Helmke, 2014). So benennt und beschreibt etwa H. Meyer (2014) 10 Kriterien guten Unterrichts, die empirisch hervorragend abgesichert sind und sich im Konsens mit weiteren Kriterienkatalogen befinden. Er betont dabei, dass guter Unterricht mehr ist, als die Addition von 10 Einzelmerkmalen. Auch Helmke et al. (2015b) stellen klar, dass für guten Unterricht keinesfalls alle Merkmale maximal ausgeprägt sein müssen. Vielmehr können Schwächen in einem Qualitätsmerkmal durch Stärken in einem anderen kompensiert werden. Auch haben solche Merkmale je nach Bildungsziel ein unterschiedliches Gewicht (Helmke et al., 2015b). Astleitner und Katstaller (2014, S. 89 f.) ergänzen: Die Kriterien für qualitätvollen Unterricht „können noch so wirksam sein, wenn sie falsch oder unzureichend eingesetzt werden, dann können sie das gewünschte Verhalten sogar verringern. Zentral dabei ist, dass negative Anwendungen von Kriterien viel stärkere Auswirkungen haben als positive. Jede negative Tat ist mit 2 bis 5 positiven Taten aufzuheben.“ Dies zeigt, dass auch solche Qualitätsmerkmale von Unterricht keine automatischen Heilsbringer im schulischen Alltag sind, dennoch stellen sie (in abgeschwächter Form) notwendige Gelingensbedingungen (H. Meyer, 2014) für guten Unterricht dar und können somit als Indikatoren angesehen werden.

[Tab. 4](#) gibt einen Überblick über eine Auswahl von im deutschsprachigen Raum beachtenswerten und empirisch abgesicherten Qualitätsmerkmalen von Unterricht. Diese Merkmale sind ausdrücklich *nicht trennscharf*; einige Autoren fassen bestimmte Konstrukte enger als andere oder geben ähnlichen Inhalten andere Sammelbezeichnungen.

Tab. 4: Was macht guten Unterricht aus? Ein Überblick über bedeutende Qualitätsmerkmale von Unterricht (Veröffentlichungen im deutschsprachigen Raum).

QUALITÄTSMERKMAL	MERKMAL BEI
<p><i>Kognitive Aktivierung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Anregung der Lernenden zu einem vertieften fachlichen Nachdenken über den Unterrichtsinhalt - z.B. Ermutigung zu eigenen Lösungswegen, zur Äußerung eigener Meinungen, zum Nachdenken auffordernde Fragen und Einforderung von Begründungen (Helmke, 2014) 	<p>Duit, Hepp und Rincke (2013), Gold (2015), Helmke (2014, 2015), Lipowsky (2007, 2015)</p>
<p><i>Konstruktive Unterstützung von Lernprozessen und Motivierung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Systematische Unterstützung und <i>Scaffolding</i> (Belland, 2011, 2014; Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007) der Lernenden bei der eigenständigen Konstruktion neuen Wissens - Feedback (Lipowsky, 2007) - Förderung der Lern- und Anstrengungsbereitschaft, Interesse-weckende Auswahl und Gestaltung des Unterrichtsstoffs, Akzentuierung der Wichtigkeit und Nützlichkeit des Lernstoffs, Begeisterung der Lernenden mit dem Unterrichtsstoff (Helmke, 2014) 	<p>Astleitner und Katstaller (2014), Duit et al. (2013), Gold (2015), Helmke (2014), Lipowsky (2015)</p>
<p><i>Unterstützendes und Lernförderliches Klima</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - wechselseitiges durch Unterstützung gekennzeichnetes Klima der Kooperation zwischen Lehrer und Schüler, entspannte Unterrichts Atmosphäre, gegenseitiger Respekt - dazu gehört auch das Bieten von Gelegenheiten, aus Fehlern zu lernen (Duit et al., 2013) 	<p>Duit et al. (2013), Helmke (2014, 2015), Lipowsky (2007, 2015), H. Meyer (2014)</p>
<p><i>Klarheit und Strukturiertheit</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - fachlich klare, konsistente, sowie schlüssige und inhaltlich kohärente Präsentation und Vermittlung von Wissen - logische Konsistenz und Plausibilität der Sachstruktur (Lernziele der Stunde, Previews, Zusammenfassungen, aufmerksamkeitssteuernde und lernerleichternde Hinweise, ...) 	<p>Duit et al. (2013), Gold (2015), Helmke (2014, 2015), Lipowsky (2007, 2015), H. Meyer (2014)</p>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 4: (Fortsetzung)

QUALITÄTSMERKMAL	MERKMAL BEI
<p><i>Klassenführung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Etablierung und konsequent-konsistente Realisierung verbindlicher sozialer und akademischer Normen und Regeln (zur Prävention von Störungen) - erfolgreiches unterrichtsbezogenes Zeitmanagement - wirksamer Umgang mit Störungen – <i>Low-Profile-Ansatz</i> (Borich, 2010) 	Gold (2015), Helmke (2014, 2015), Lipowsky (2007)
<p><i>Einsatz richtiger Lernmethoden</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Methodenvielfalt und Methodentiefe, aber lieber ein Optimum, statt Maximum an Lernmethoden - je nach Fachkontext und Lernzielen sind unterschiedliche Methoden angemessen 	Astleitner und Katstaller (2014), Duit et al. (2013), Gold (2015), Helmke (2014), H. Meyer (2014)
<p><i>Schülerorientierung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - affektiver Aspekt der Lehrer-Schüler-Beziehung - vor allem wichtig für die Entwicklung der Lernbereitschaft und des Selbstvertrauens - berücksichtigt Interessen, Selbstkonzept und Einstellungen der Lernenden (Duit et al., 2013) 	Astleitner und Katstaller (2014), Duit et al. (2013), Helmke (2014, 2015)
<p><i>Konsolidierung und Sicherung durch Üben</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - häufige und regelmäßige Gelegenheiten für Schüler, sich intensiv mit einem Thema auseinander setzen zu können, um das eigenständig aufgebaute Wissen zu verankern und zu festigen - dazu gehört auch das Bewusstmachen von Lernstrategien, passgenaue Übungsaufträge und gezielte Hilfestellungen auf Lehrerseite (H. Meyer, 2014) - Hoher Anteil echter Lernzeit 	Astleitner und Katstaller (2014), Duit et al. (2013), Helmke (2014, 2015), Lipowsky (2007, 2015), H. Meyer (2014)
<p><i>Richtiger Umgang mit Heterogenität / Individuelle Förderung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Anpassung des Unterrichtsangebotes und Binnendifferenzierung im Hinblick auf Fähigkeiten, Geschlecht, Sprachherkunft in Gestalt von angepassten Aufgaben, Projekten, Fragen und Unterrichtsthemen - individuelle Förderung und Unterstützung durch Schaffung von Freiräumen, Geduld und Zeit 	Astleitner und Katstaller (2014), Duit et al. (2013), Helmke (2014), Lipowsky (2015), H. Meyer (2014)

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 4: (Fortsetzung)

QUALITÄTSMERKMAL	MERKMAL BEI
<p><i>Sinnstiftendes Kommunizieren</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sinnstiftendes Kommunizieren durch Planungsbeteiligung, Gesprächskultur und Feedback - legt Wert auf Gespräche, bei denen Schüler eine Stimme haben (Duit et al., 2013) 	Duit et al. (2013), Lipowsky (2015), H. Meyer (2014)
<p><i>Kooperatives Lernen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Partner- und Gruppenarbeit, die es ermöglicht, dass die individuelle Verantwortlichkeit jedes Gruppenmitglieds gegeben ist, die Lernenden über ausreichende Argumentations- und Kommunikationsfähigkeiten verfügen und sie bei der inhaltlichen Strukturierung, Steuerung und Auswertung der Arbeitsprozesse angeleitet werden (Lipowsky, 2007) 	Astleitner und Katstaller (2014), Lipowsky (2007)
<p><i>Spezielle Merkmale von gutem Physikunterricht</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Anknüpfen an Vorwissen und Alltagserfahrungen - Vernetzung von Neuem auf vielfältige Weise - Einstimmung auf aktuelles und zukünftiges Wissen - Sinnvolle Einbettung von möglichst vielfältigen Experimenten - Einbettung von Inhalten in konkrete Anwendungskontexte 	Duit et al. (2013)
<p><i>Wirkungsorientierung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - umfasst alle Lehreraktivitäten, die die Bereitschaft erkennen lassen, sich an den Wirkungen des Unterrichts zu orientieren 	Helmke (2014)
<p><i>Lernfortschritte erkennen und bewerten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Rückmeldungen während der Lernphase; das Stichwort ist die <i>formative</i> (nicht <i>summative</i>) Leistungserfassung 	Gold (2015)

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 4: (Fortsetzung)

QUALITÄTSMERKMAL	MERKMAL BEI
<i>Metakognitive Förderung</i> - Maßnahmen, die dazu beitragen, bei Lernenden Wissen über kognitive Funktionen im Allgemeinen und über das eigene Lernen im Speziellen aufzubauen, sowie Fähigkeiten der Planung, Steuerung, Regulation und Bewertung weiterzuentwickeln	Lipowsky (2015)
<i>Kompetenzorientierung</i> - Orientierung an Bildungsstandards, Evaluation schulischer Leistungen, pädagogische Nutzung von Befunden aus Unterrichtsforschung	Helmke (2015)
<i>Schonung eigener Ressourcen</i>	Gold (2015)

Ende der Tabelle

GUTER PHYSIKUNTERRICHT Analog zu den Merkmalen von gutem Unterricht lassen sich fachspezifisch auch Merkmale guten Physikunterrichts formulieren. Die berücksichtigen neben Ergebnissen aus der empirischen Lehr-Lern-Forschung auch fachdidaktische Ansätze und Befunde aus der fachdidaktischen Forschung, wie z.B. der IPN-Videostudie (Seidel et al., 2006). Damit werden pädagogische Ansätze subsumiert, die auf die fachspezifischen Dinge des Physikunterrichts ausgerichtet sind (Duit et al., 2013). Die wohl prominenteste Zusammenstellung solcher Merkmale guten Physikunterrichts wurde im Rahmen des sog. PIKO-Projekts (Physik im Kontext) von Duit (2010) vorgenommen (PIKO-Briefe; vgl. auch Abb. 16). Die Merkmale guten Physikunterrichts nach Duit (2010) decken sich gut mit den allgemeinen Merkmalen von Unterricht (z.B. H. Meyer, 2014), daher sind auch diese Merkmale in Tab. 4 eingepflegt. In Abb. 16 finden sich die eher allgemein gültigen Qualitätsmerkmale in den drei linken Spalten, während das Ensemble der rechten vier Felder eher spezielle, auf das Schulfach Physik bezogene, Qualitätsmerkmale widerspiegelt.

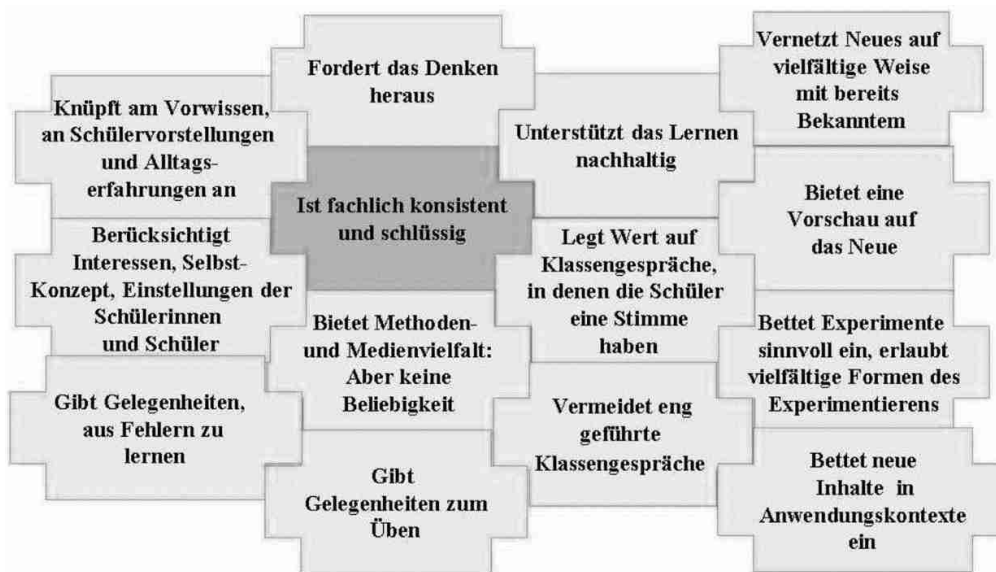


Abb. 16: Merkmale guten Physikunterrichts nach Duit et al. (2013).

QUALITÄTSMERKMALE IM SCHÜLERLABOR Im Kontext Schülerlabor erscheinen primär fünf Qualitätsmerkmale von Unterricht bedeutsam. Diese zeichnen sich auch durch eine gute Adaptierbarkeit von Schule auf das Schülerlabor aus:

1. Kognitive Aktivierung,
2. Konstruktive Unterstützung,
3. Lernförderliches Klima,
4. Klarheit,
5. Kommunikation.

Die hier angeführten und auch die in [Tab. 4](#) stehenden Qualitätsmerkmale sind bei weitem nicht alle Merkmale, die einen guten Unterricht ausmachen. Vielmehr sind diese als Leitlinien zu verstehen, die bei der Analyse von Unterrichtssequenzen hilfreich sind und positive Qualitätsmerkmale sowie Verbesserungspotenzial offenlegen können. Auch innerhalb der Literatur sind die Konstrukte nicht trennscharf verwendet und hängen in Veröffentlichungen (naturgemäß) eng zusammen, sind aber nicht deckungsgleich von Autor zu Autor. Somit ist es erforderlich, die zu verwendeten Konstrukte möglichst eindeutig und trennscharf zu definieren ([Abschnitt 3.4.2 bis 3.4.6](#)).

Für einige in [Tab. 4](#) angeführte Merkmale ist es nicht bis wenig sinnvoll, sie auf den Kontext Schülerlabor zu übertragen: Einige Merkmale guten Unterrichts haben für die Betreuungsqualität eine untergeordnete Rolle, bzw. wirken nur indirekt. Beispielsweise spielt die Facette „frühe Regeletablierung“ des Merkmals Klassenführung (vgl. z.B. H. Meyer, 2014) im Kontext der Untersuchung keine Rolle, da die Zeit für eine Konsolidierung solcher Regeln zu kurz ist. Ähnlich verhält es sich z.B. auch mit der Strukturierung von Unterricht, da diese wesentlich durch Zeitplan und Materialien vorstrukturiert ist.

3.4.2 Kognitive Aktivierung

Unter *kognitiver Aktivierung* versteht man die Anregung der Lernenden zu einem vertieften fachlichen Nachdenken über den Unterrichtsinhalt (Lipowsky, 2007). Dazu gehört auch dafür zu sorgen, dass möglichst alle Lernenden während des Unterrichts bzw. während des Experimentiertags einmal etwas zu tun oder sagen haben. Auch non-verbale Aktivitäten, wie z. B. das Anfertigen visueller Darstellungen oder motorische Aktivitäten gehören mit dazu – entscheidend ist, dass über ein bestimmtes Thema *vertieft* nachgedacht wird.

In internationaler Literatur werden auch andere Begriffe synonym dafür verwendet („higher order questions“, „higher order thinking“, „challenging tasks“, „thoughtful discourse“ oder „authentic instruction“); wobei diese teilweise jeweils andere Facetten von kognitiver Aktivierung betonen (vgl. Lipowsky, 2015).

Auf Basis der Daten der TIMSS-Videostudie (Baumert et al., 2000) weisen Klieme, Schümer und Knoll (2001) positive Zusammenhänge zwischen der kognitiven Aktivierung der Lernenden und dem Lernzuwachs nach. Dieser Befund konnte im COACTIV-Projekt (Kunter et al., 2011) bestätigt werden. Auch die Motivierung der Lernenden kann durch ein hohes Ausmaß an kognitiver Aktivierung gesteigert werden (Helmke, 2014). Obwohl die Forschungslage in dem Bereich noch recht dünn ist, liefert die Forschung insgesamt Hinweise darauf, dass kognitive Aktivierung besonders in naturwissenschaftlichen Unterricht positive Effekte zeigt (vgl. Euler et al., 2015; Lipowsky, 2015). So zeigen sich z.B. auch positive Effekte auf das naturwissenschaftliche Interesse und die Leseleistung von jungen Lernenden. Im Gegenzug können nicht aktivierende Aufgaben die Motivation und das Selbstkonzept der Lernenden sogar beschädigen (Gold, 2015).

Auch im Kontext Schülerlabor kommt kognitiver Aktivierung unmittelbar eine große Bedeutung zu. So benennt etwa Labudde (2000) Bedingungen für eine konstruktivistisch gestaltete Lernumgebung (Abb. 17), zu denen auch die kognitive Aktivierung zählt. Da sich das im Schülerlabor angestrebte Forschende Lernen (*Inquiry based learning*; vgl. Abschnitt 2.1 auf Seite 7) gut in einer konstruktivistisch gestaltete Lernumgebung realisieren lässt, gelten diese Gelingensbedingungen in besonderer Weise für das Schülerlabor.

Auch auf die Frage, wie man es schaffen kann, kognitive Aktivierung bei Lernenden hervorzurufen, gibt die Literatur Hinweise (Gold, 2015; Helmke, 2014, 2015; Kleickmann, 2012; Lipowsky, 2015):

- Ermutigung zu eigenen Lösungswegen, zur Äußerung eigener Meinungen
- zum Nachdenken auffordernde Fragen und Einforderung von Begründungen
- Sinnstiftende Kommunikation: Schülern Fragen stellen, diskutieren, darlegen, vergleichen, argumentieren lassen, begründen lassen
- Verstehens-Anker setzen: Sich auf Vorkenntnisse beziehen und die Interessen der Lernende aufgreifen
- eigene Hypothesen stellen lassen
- kognitiv herausfordernden Aufgaben (nicht zu schwer und nicht zu leicht; offen und problemorientiert, authentisch, an Lebenswelt orientiert)

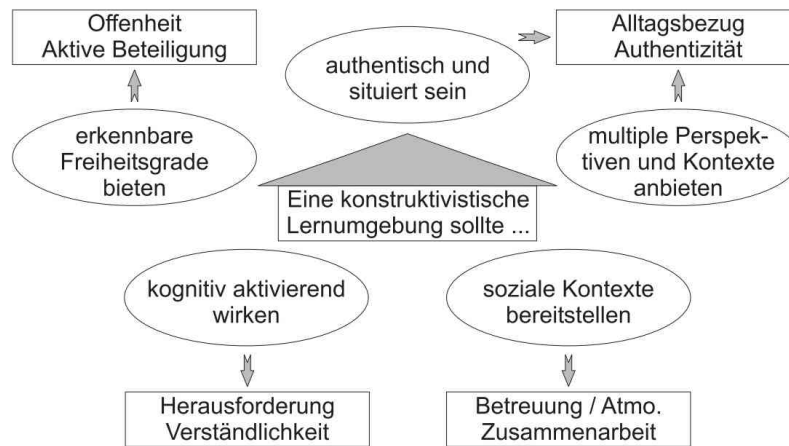


Abb. 17: Die Bedingungen für eine konstruktivistisch gestaltete Lernumgebung nach Labudde (2000) und daraus folgende Kriterien für das eigenständige Experimentieren in Schülerlaboren (aus Pawek, 2009).

- Provozieren kognitiver Konflikte (Dilemmas)
- auf Unterschiede in inhaltsbezogenen Ideen, Konzepten, Positionen, Interpretationen und Lösungen hinweisen.

3.4.3 Konstruktive Unterstützung

Im Kontext Schülerlabor scheint die individuelle Unterstützung der Lernenden durch die Betreuenden besonders wichtig zu sein. Unter *konstruktiver Unterstützung* versteht man die systematische und individuelle Unterstützung von Lernenden auf kognitiver, motivationaler und emotionaler Ebene während des Lernprozesses, sodass möglichst viel gelernt werden kann (Gold, 2015). Dabei beginnt konstruktive Unterstützung schon vor Initiierung des Lernprozesses und umfasst auch affektiver Aspekte der Lehrer-Schüler-Beziehung – sie berücksichtigt also im Sinne von Schülerorientierung die Interessen, das Selbstkonzept und die Einstellungen der Lernenden (Duit et al., 2013). Damit gewinnen vor allem drei Punkte große Bedeutung: Scaffolding, Motivierung und eine positive Fehlerkultur (Minnameier & Hermkes, 2014).

Unter Scaffolding (Belland, 2011, 2014; Hmelo-Silver et al., 2007) versteht man die Unterstützung des Lernprozesses durch die Bereitstellung von Orientierungsgrundlagen (z.B. Anleitungen, Denkanstöße und sonstige Hilfestellungen). Scaffolding ist der englische Begriff für „Gerüst“: Die Orientierungsgrundlage stellt dieses „Gerüst“ dar, mit dessen Hilfe die Lernenden eine bestimmte Aufgabe oder Teilaufgabe eigenständig zu bearbeiten. Im Zuge des Lernprozesses wird das Gerüst dann schrittweise wieder entfernt. Der Grundgedanke lautet dabei so wenig wie möglich, aber so viel wie nötig zu helfen.

Motivierung bedeutet, die Lern- und Anstrengungsbereitschaft der Lernenden zu fördern, eine Interesse-weckende Auswahl und Gestaltung der Thematik, sowie die Akzentuierung der Wichtigkeit und Nützlichkeit des Lernstoffs (Helmke, 2014). Auch eine gewisse Langsamkeitstoleranz ist von großer Bedeutung (Gold, 2015). Zu einer positiven Fehlerkultur gehört, dass Schülerfehler konstruktiv

genutzt werden, indem sie als Lerngelegenheit angesehen werden. Fehler, insbesondere Schülerfehler und Schülerfehlvorstellungen³ sind zentrale Aspekte in Lernprozessen. Die Bedeutung für den Kontext Schülerlabor liegt auf der Hand: Gerade in konstruktivistischen Lernarrangements, wie z.B. beim Forschenden Lernen im Schülerlabor, profitieren Lernende nachweislich enorm von konstruktiver Unterstützung:

Die Forschung zeigt, dass sich ein konstruktiver Umgang mit Fehlern, aber auch andere Aspekte von konstruktiver Unterstützung, positiv auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler auswirkt (Gold, 2015; Klieme, Lipowsky & Rakoczy, 2006). Auch für den Lernzuwachs, sowie die Lerneffektivität konnten positive Zusammenhänge mit einer von gegenseitiger Unterstützung geprägte Arbeitsatmosphäre gefunden werden (Webb, Nemer & Zuniga, 2002).

Konstruktive Unterstützung ist auch im Kontext Schülerlabor auf vielerlei Weise möglich und erfolgt stets auf kognitiver Ebene, auf der Ebene der Lernmotivation und der emotionalen Ebene (Gold, 2015; Helmke, 2015; Lipowsky, 2015; H. Meyer, 2014):

- individuelle Begleitung des Lernprozesses (fachlich und emotional)
- Bereitstellung von Orientierungsgrundlagen (Scaffolding)
- Motivation (essentiell für leistungsschwache Lernende)
- Rückmeldungen, die auf eine konkrete Aufgabe bezogen sind (nicht auf die Person)
- positive Fehlerkultur
- Langsamkeitstoleranz
- Peer Tutoring.

3.4.4 Lernförderliches Klima

Ein *lernförderliches Klima* bezeichnet eine Atmosphäre, die durch gegenseitigen Respekt, verlässlich eingehaltene Regeln, gemeinsam geteilte Verantwortung, Gerechtigkeit, sowie durch einen guten Umgang miteinander gekennzeichnet ist (H. Meyer, 2014, S. 79). Gerade in Gruppenarbeiten ist ein angenehmes Lernklima wichtig, im Zuge dessen Inhaltliches mit Sozialem verknüpft werden kann (Schumacher, 2011).

Zwischen den Merkmalen *konstruktiver Unterstützung* und *lernförderliches Klima* gibt es einige Überschneidungen bzw. hängt die Ausprägung des einen Merkmals stark von der Ausprägung des jeweils anderen ab. So hat z.B. ein falscher Umgang mit Schülerfehlern die Folge, dass beide Qualitätskriterien verletzt sind. Lipowsky (2015) bemängelt die uneinheitliche Konzeptualisierung des Begriffs, da sich dies auch in inkonsistenten Forschungsergebnissen niederschlägt. Eine scharfe

³ *Schülerfehlvorstellungen* sind tiefverwurzelte, falsche Vorstellungen über physikalische Konzepte, Phänomene und Zusammenhänge, physikalische Arbeitsweisen oder physikalische Begriffe, während *Schülerfehler* (typische) Fehler von Schülern sind, die nicht aufgrund einer falschen Vorstellung gemacht werden. Diese Fehler können beispielsweise beim Experimentieren oder beim Lösen von Aufgaben auftreten (Gramzow, 2015).

Abtrennung ist somit nicht möglich – aber auch gar nicht nötig. Konzeptionell lässt sich festhalten, dass die konstruktive Unterstützung eher auf die individuelle Unterstützung der Lernenden durch die Betreuenden während des Lernprozesses ausgerichtet ist, während mit lernförderlichem Klima eher die Atmosphäre gemeint ist, die während dieses Lernprozesses vorherrscht.

Obwohl ein lernförderliches Klima per se keine Auswirkungen auf die Lernleistung von Schülern hat, hat es eine „katalysatorische Wirkung und deshalb einen indirekten Einfluss auf den Lernerfolg“ (H. Meyer, 2014, S. 78), da die Schüler so ihre Fähigkeiten und Interessen leichter entfalten können und der Anteil an echter Lernzeit erhöht wird. Auch Brophy (2000) und Cornelius-White (2007) liefern Hinweise darauf, dass ein gutes Unterrichtsklima eine zentrale Voraussetzung für effektives Lernen darstellt. Indirekt wirke ein lernförderliches Klima über das Erleben sozialer Eingebundenheit, das aktivere Engagement und eine höhere Lernmotivation positiv auf den Lernerfolg. Zudem belegen eine Vielzahl an Studien (vgl. Lipowsky, 2015, S. 92 f.), dass durch Wertschätzen, Anerkennen, Ermutigen, Wärme und gegenseitigen Respekt das Engagement und die Anstrengungsbereitschaft, das Verhalten in unterrichtlichen Situationen, die Motivation, das Selbstkonzept, die Selbstwirksamkeit, die Lernfreude, das Selbstbestimmungserleben und die Zielorientierungen der Lernenden gefördert werden kann. Diese Wirk-Kaskade muss auch im Kontext Schülerlabor beachtet werden, da die Wirkungen eines lernförderlichen Klimas direkt mit der Interessengenesse im Schülerlabor verbunden ist.

Für die Betreuung im Schülerlabor heißt das, dass alle Betreuende darauf achten sollten, dass jederzeit eine Atmosphäre herrscht, die das Lernen der Schüler erleichtert oder auf andere Weise positiv beeinflusst. Auch für diesen Aspekt existieren Handlungsempfehlungen aus der Forschung (Duit et al., 2013; Gold, 2015; Helmke, 2015; Kleickmann, 2012):

- Wertschätzung der Schülerbeiträge
- Wertschätzen, Anerkennen, Ermutigen, Wärme und gegenseitiger Respekt
- Ermutigung zu kritischem und kreativen Denken
- konstruktiver Umgang mit Fehlern
- Störungen so unterbinden, dass die andere so wenig wie möglich gestört werden – Low-Profile-Ansatz⁴ (Borich, 2010)
- Humor.

3.4.5 Klarheit

Das Qualitätsmerkmal *Klarheit* beschreibt die inhaltliche Klarheit und Kohärenz des Unterrichts, d.h. dass die inhaltlichen Aspekte eines Lerngegenstands sowohl

⁴ Der sog. Low-Profile-Ansatz unterscheidet drei Phasen mit zunehmender Intensität, mit dem Ziel Störungen zu unterbinden und dabei die Lernaktivitäten möglichst wenig zu unterbrechen („den Ball flach zu halten“): 1. *Anticipation* (Im-Auge-Behalten möglicher Quellen für Störungen), 2. *Deflection* (möglichst nonverbale, sparsame Aktion bei unmittelbar bevorstehenden Störungen), 3. *Reaction* (unverzögliches, undramatisches und wenn möglich diskretes Unterbinden der Störung) (Borich, 2010; Helmke, 2015).

sprachlich prägnant und verständlich, als auch fachlich korrekt und inhaltlich kohärent dargestellt bzw. entwickelt werden (Lipowsky, 2015). Dazu gehört auch eine logische Konsistenz und Plausibilität der Sachstruktur (Kommunikation der Lernziele, Previews, Zusammenfassungen, aufmerksamkeitssteuernde und lernerleichternde Hinweise, ...) (Duit et al., 2013; Helmke, 2014). Ein weiterer Aspekt von Klarheit ist Transparenz, d.h. gemeinsame Verständigung auf Arbeitsziele, sowie transparente Leistungserwartung (Schumacher, 2011).

Die Forschung zeigt für dieses Kriterium guten Unterrichts ein einheitliches Bild (vgl. für eine Übersicht der zahlreichen Befunde: Lipowsky, 2015, S. 81 f.). Die inhaltliche Klarheit des Unterrichts hat – unabhängig vom Alter der Lernenden – positive Effekte auf die Lerneffektivität und den Lernerfolg und ist somit besonders wichtig für Interessenentwicklung. Besonders für leistungsschwache oder weniger sprachkompetente Lernende ist die inhaltliche Klarheit und strukturiert von großer Bedeutung (Helmke, 2014). Zudem belegen die Befunde, dass eine hoch ausgeprägte inhaltliche Klarheit mit einer höheren Zufriedenheit und Motivation der Lernenden einhergeht.

Diese nachweislich positive Wirkung von Klarheit auf die kognitiven und motivationalen Zielvariablen von Unterricht lassen sich gut mit der Cognitive-Load-Theorie⁵ (Chandler & Sweller, 1991; Sweller, 1988) erklären: Durch die inhaltliche Klarheit treten die wichtigsten inhaltlichen Aspekte klar und deutlich hervor und können von Lernenden leicht als kennzeichnende Elemente identifiziert und verarbeitet werden. Durch die Betonung relevanter Informationen, den Verzicht auf irrelevante und überflüssige Informationen, die didaktische Reduktion der Komplexität des Inhalts sowie die angemessene Verbindung unterschiedlicher Repräsentationsformen wird das Arbeitsgedächtnis entlastet und somit die Informationsverarbeitung erleichtert (vgl. Lipowsky, 2015).

Für eine inhaltliche Klarheit im Schülerlabor haben die folgenden Punkte eine wichtige verständnisfördernde Funktion (Helmke, 2014; Lipowsky, 2015):

- variantenreiche Erklärungen und Erläuterungen unter Verwendung von Veranschaulichungen, Abbildungen, Beispielen, Analogien und Metaphern
- Hervorhebung und Zusammenfassung zentraler inhaltlicher Punkte
- deutliche Sequenzierung, klare Aufgabenstellung und Anforderungen
- Kommunikation von bzw. gemeinsame Verständigung auf Arbeitsziele; transparente Leistungserwartung
- Herausarbeitung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in Konzepten
- Verwendung und Verbindung unterschiedlicher Repräsentationsformen
- wiederholtes Aufgreifen von schwierigen Sachverhalten und Aspekten.

⁵ Die *Cognitive-Load-Theorie* nach Sweller (1988) beschreibt die Rolle des Arbeitsgedächtnisses beim Lernprozessen. Das Arbeitsgedächtnis ist begrenzt und kann daher nur eine bestimmte Menge an Informationen aufrechterhalten. Zudem wird neues Wissen in Schemata abgespeichert. Für den Lernprozess bedeutet dies, dass das Arbeitsgedächtnis ausreichend freie Kapazitäten braucht, damit dieses nicht kognitiv überlastet wird und somit neue Schemata konstruiert und mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft werden können.

3.4.6 Kommunikation

Das Merkmal *Kommunikation* hat für eine hohe Betreuungsqualität im Schülerlabor eine große Bedeutung. Denn ohne gute Kommunikation ist eine hohe Ausprägung der anderen Qualitätsmerkmale nahezu unmöglich; oder anders ausgedrückt: Das Betreuerhandeln erfolgt im wesentlichen durch Kommunikation (inhaltliche Strukturierungen in Form von z.B. Einführungen, Zusammenfassungen, Aufgaben, Verwendung verschiedener Repräsentationsformen; verbal-kognitive Strukturierung, z.B. Verbinden, Übertragen, Vernetzen, Vergleichen; Rückmeldungen; Anregen zur kognitiver Aktivierung) und bildet so die Basis aller Qualitätsmerkmale von Betreuung. Schumacher (2011) drückt es noch deutlicher aus: „Lehren ist Kommunikation“. Und auch auf Schülerseite ist Kommunikation wichtig. So bildet „Kommunikation“ einen eigenen Kompetenzbereich in den Fächern Physik und Chemie (von insgesamt 4) (KMK, 2004): Informationen sollen sach- und fachbezogen erschlossen und diskutiert werden können.

Gute Kommunikation umfasst dabei mehrere Aspekte: Auf quantitativer Seite geht es vor allem um den Redeanteil der Lernenden – diese müssen aktiv in den Unterricht bzw. den Experimentiertag eingebunden werden (Monologe von Seiten der Lehrenden / Betreuenden aber auch Schülermonologe zählen ausdrücklich nicht zu guter Kommunikation). Das Ziel sollen Gespräche sein, bei denen Schüler eine Stimme haben (Duit et al., 2013). Der qualitative Aspekt guter Kommunikation betrifft vor allem das sinnstiftende Kommunizieren. Für H. Meyer (2014) ist das *sinnstiftende Kommunizieren* sogar das wichtigste in seiner Liste der insgesamt 10 Qualitätsmerkmalen von Unterricht. Obwohl dieses Merkmal schwierig zu definieren ist, beschreibt H. Meyer (2014, S. 79) was aus Lehrer-Schüler-Gesprächen sinnstiftende Kommunikation macht: Gute Lehrer „erläutern geduldig, was mit einer Aufgabe gemeint ist, sie verknüpfen die Aufgabenstellungen mit dem Lebensalltag der Schüler oder mit zukünftigen Berufsbezügen. Sinnstiftung findet auch nonverbal statt. Viele Lehrer verstehen es, durch ihre Körpersprache bestimmten Inhalten besondere Bedeutung zu geben.“

Die Forschung zeichnet ein dazu passendes Bild: Es ist unmöglich nicht zu kommunizieren. Auch wenn gerade nicht gesprochen wird, wird kommuniziert: so findet über 80% nonverbal statt (Kliebisch, Basten & Schmitz, 2000). Kobarg, Prenzel und Schwindt (2012) fassen die Befunde zum Unterrichtsgespräch im naturwissenschaftlichen Unterricht von PISA, TIMSS und der IPN-Interessenstudie prägnant zusammen: Demnach spielen Merkmale des Unterrichtsgesprächs, die interaktives Lernen und Lehren kennzeichnen, eine wichtige Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht. Freie Kommunikation ist kaum vorhanden. In der überwiegenden Mehrheit findet im naturwissenschaftlichen Unterricht ein fragend-entwickelnder Unterricht statt, der wenig Raum für tiefere Denksprozesse bietet. Diese enge Führung der Klasse wirkt negativ auf Lernmotivation und Interessenentwicklung. Duit (2010) greift dies in seinen PIKO-Briefen direkt auf und führt in seiner Zusammenstellung von Qualitätsmerkmalen des Physikunterrichts die Merkmale „Klassengespräche mit echtem Wert von Schülermeinungen“ und „Eng geführte Klassengespräche vermeiden“ an (vgl. Abb. 16). Unterstützende Rückmeldungen (sogar unabhängig von einer bestimmten Form) wirken stark

positiv auf den Lernzuwachs (Riedl & Schelten, 2012). Gerade konstruktivistische Lernformen wie z.B. das Forschende Lernen können ihre Wirksamkeit besonders über Fachgespräche entfalten.

Schaut man auf die „Gelingensfaktoren für das Lernen im Schülerlabor“ nach Euler et al. (2015) (vgl. Abb. 1 auf Seite 8), so offenbart sich, dass die meisten Faktoren mehr oder weniger direkt auch eine aktive und sinnstiftende Kommunikation zwischen Betreuern und Schülern implizieren. Somit stellen die Gelingensfaktoren im Grunde schon gute Kommunikationsrichtlinien für das Schülerlabor dar. Diese sollten nun noch mit den Empfehlungen aus der Unterrichtsforschung verknüpft werden (z.B. Duit et al., 2013; Gold, 2015; H. Meyer, 2014):

- kommunikationsförderliche Maßnahmen: Ich-Aussagen, Zusammenfassen, aktives Zuhören, offenes Nachfragen, Weiterführen und das Ansprechen von Gefühlen (Schumacher, 2011).
- eng geführte Gespräche vermeiden und den Schüleraussagen ein „Gewicht geben“ (Duit et al., 2013)
- Einbetten der Aufgaben in bedeutsame Kontexte
- Anknüpfen an Vorwissen und Erfahrungen
- Herausfordernde, aber lösbare Probleme stellen
- Verknüpfung Wissenserwerb und Anwendungen
- Kooperatives Arbeiten fördern; Diskussionen anregen
- Verständigung auf Ziele und Wege
- Hilfestellung bei der Arbeitsplanung
- Ergebnisse präsentieren und diskutieren.

3.5 INTERESSENTYPEN VON SCHÜLERN

Im Rahmen von Helmkes Angebots-Nutzungs-Modell (vgl. Abb. 15, Seite 50) ist Unterricht immer nur ein Angebot. Die Wirkung bzw. der Schulerfolg hängt davon ab, inwiefern die unterrichtlichen Maßnahmen der Lehrkraft von den Lernenden überhaupt wahrgenommen bzw. genutzt werden und ob und zu welchen Prozessen sie auf Schülerseite führen.

Dieser Gedanke kann auch auf den Kontext Schülerlabor übertragen werden. Denn (natürlich) hängt die Wirksamkeit eines Schülerlaborbesuchs neben externen Rahmenbedingungen immer auch von den Lernenden selbst ab, d.h. konkret von ihren Interessen, Fähigkeitsselbstkonzepten, der momentanen Motivation und Anstrengungsbereitschaft und auch von vorher gemachten Erfahrungen. In dieser Hinsicht ist es interessant (und in der Schülerlaborbegleitforschung auch üblich), die Wirksamkeit von Schülerlaboren unter verschiedenen Gesichtspunkten zu betrachten. Das können Aspekte wie Alter, Schulart oder auch Geschlecht sein.

Neben diesen kategorischen Vergleichen scheint es vor dem Hintergrund der Interessengenese im Schülerlabor auch gewinnbringend zu sein, die Lernenden hinsichtlich ihrer Interessenprofile zu gruppieren; also *Interessentypen* zu identifizieren. Häußler, Bündler, Duit, Gräber und Mayer (1998) legen diesbezüglich dar, wie man Lernende hinsichtlich ihrer differenzierten Physikinteressen in Gruppen einteilen kann. In einer vorangegangenen Studie von Häußler, die in Häußler et

al. (1998) aufgegriffen wird, konnten auf der Basis von drei Interessensbereichen (Physik und Technik, Mensch und Natur, Gesellschaft) insgesamt drei verschiedene Interessentypen identifiziert werden. Die Interessentypen unterscheiden sich bezüglich ihres relativen Interesses für die drei genannten Interessenbereiche (näher beschrieben bei R. Müller, 2006):

1. Typ A (etwa 20% der Lernenden)
 - interessiert sich für alle Interessenbereiche etwa gleich stark
 - neben Physik auch an Mathematik, Chemie und Technik stärker interessiert als die beiden anderen Typen ...
 - ... Interesse an Deutsch, Kunst und Sprachen ist dagegen etwas geringer
 - hauptsächlich Jungen und eher jünger als älter
 - gute Physiknoten und hohe Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) in Physik

2. Typ B (etwa 55% der Lernenden)
 - interessiert sich hauptsächlich für den Bereich Mensch und Natur
 - eher an praktischer Seite der Physik interessiert
 - keine Fächerpräferenz, an allen Fächer etwa gleich stark interessiert
 - etwa gleich viel Jungen und Mädchen
 - mittelgute Physiknoten und mittlere SWE in Physik

3. Typ C (etwa 25% der Lernenden)
 - interessiert sich für den Bereich Gesellschaft, eingeschränkt auch für den Bereich Mensch und Natur
 - eher an phänomenologischen Erklärungen und an physikalischer Anwendung in der Medizin
 - mehr an den Fächern Deutsch, Kunst und Fremdsprachen interessiert
 - hauptsächlich Mädchen, vor allem in höheren Klassenstufen
 - eher schlechte Physiknoten und niedrige SWE in Physik.

Diese Unterscheidung von Interessentypen ist auch in der Schülerlaborbegleitforschung üblich (z.B. bei Pawek, 2009; Streller, 2015; Weßnigk, 2013). In den Veröffentlichungen werden auf Basis der jeweiligen Erhebungsdaten ebenfalls stets drei Interessentypen identifiziert, die sich sehr gut mit den Typen von Häußler et al. (1998) decken. Diese werden auch als *Schülertypen* bezeichnet.

3.6 WIRK- & UNTERSUCHUNGSMODELL

Die systematische Untersuchung zum Einfluss von Betreuung und Betreuer auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren macht es erforderlich, die Erhebung nicht nur auf eine Zielvariable (z.B. aktuelles Interesse) auszurichten, sondern im Hinblick auf ein aussagekräftiges Gesamtbild auf mehrere Variablen auszudehnen, welche die Ziele von Schülerlaboren beschreiben (vgl. Euler et al., 2015) (Abschnitt 3.1). Zudem scheint es sinnvoll, die professionelle Handlungskompetenz von Betreuenden und deren soziale Kompetenzen (Abschnitt 3.2 & 3.3) sowie die Qualität der Betreuung am Experimentiertag (Abschnitt 3.4) zu erfassen und in die Untersuchung einzubinden. Zusätzlich muss dabei beachtet werden, dass die Wirksamkeit eines Schülerlaborbesuchs immer auch von den Lernenden selbst mit abhängt (Abschnitt 3.5) und somit auch der Interessen- bzw. Schülertyp eine wichtige Rolle spielt.

Im Hinblick auf diese Vielschichtigkeit scheint es sinnvoll, auf Basis der obigen Ausführungen ein übersichtliches und theoretisch fundiertes angenommenes Wirkmodell zu konstruieren. Dieses kann dann gleichzeitig auch als Untersuchungsmodell für diese Studie angesehen werden und somit als Bezugspunkt für die im folgenden Kapitel 4 formulierte Fragestellung sowie die zu deren Beantwortung zu erhebenden Konstrukte verwendet werden.

Hierfür bietet es sich an, das Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2015) (vgl. Abb. 15 auf Seite 50) heranzuziehen und für diese Studie zu adaptieren.

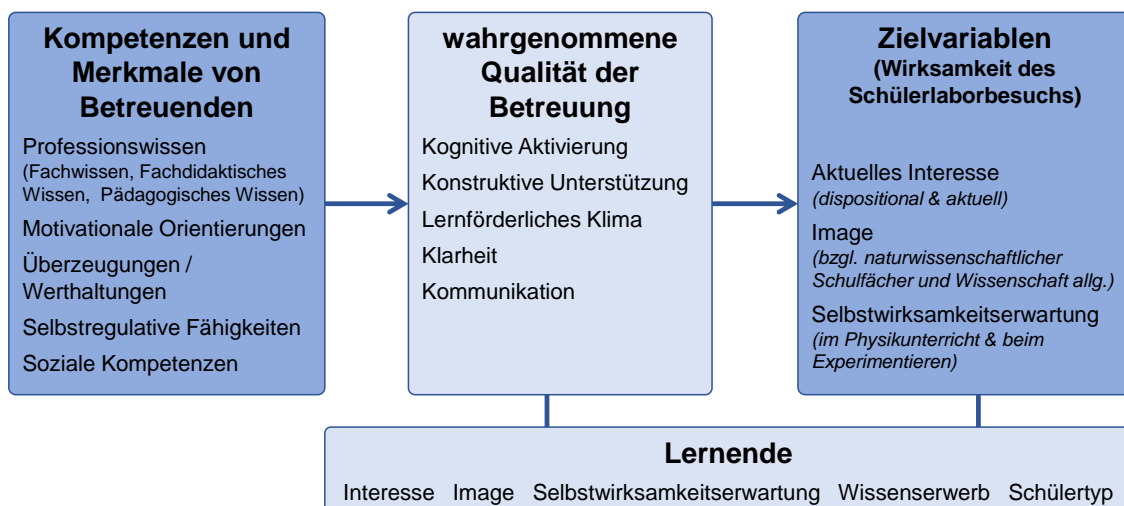


Abb. 18: Das für diese Studie adaptierte Untersuchungsmodell auf Grundlage des Angebots-Nutzungs-Modells nach Helmke (2015).

Abb. 18 zeigt das angenommene Wirk- & Untersuchungsmodell der Studie. Auf Seiten der *Kompetenzen und Merkmale von Betreuenden* wurden die nach Baumert und Kunter (2006) relevanten Aspekte von professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften übernommen. Der Fokus liegt hierbei auf dem Professionswissen und dessen Dreiteilung in Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und pädagogischem Wissen (vgl. z.B. Cauet, Liepertz, Kirschner, Borowski & Fischer, 2014;

Kulgemeyer & Borowski, 2012; Vogelsang, 2014). Diese wurden um die sozialen Kompetenzen der Betreuer ergänzt.

Für die *Qualität der Betreuung am Experimentiertag* wurde die oben getroffene Auswahl bedeutsamer Merkmale von Betreuungsqualität auf Basis der Unterrichtsforschung herangezogen. Die relevanten Zielvariablen, welche die *Wirksamkeit des Schülerlaborbesuchs* bestimmen, spiegeln die Ziele von Schülerlaboren nach Euler et al. (2015) wider.

Die Pfeile im Modell symbolisieren die angenommenen und theoretisch gut fundierten Wirkzusammenhänge (vgl. z.B. Helmke, 2015). Die Linien verdeutlichen, dass die Zielvariablen bzw. die Wahrnehmung der Betreuungsqualität untrennbar mit den Lernenden verbunden sind.

Teil II

ZIELE & KONZEPTION DER STUDIE

HYPOTHESEN & FORSCHUNGSFRAGE

In diesem Kapitel werden die zu prüfenden Annahmen sowie die Forschungsfrage dieser Untersuchung formuliert. Diese resultieren aus dem Forschungsstand und der sich daraus ergebenden Forschungslücke ([Kapitel 2](#)) und fußen auf den theoretischen Grundlagen zum Forschungsgegenstand ([Kapitel 3](#)). Es erfolgt die Zerteilung des Forschungsinteresses in mehrere *Hypothesen* und einer *Forschungsfrage*: Die Hypothesen stellen hauptsächlich Replikationen bisheriger Ergebnisse dar und die Forschungsfrage dieser Studie betrifft den Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren.

4.1 HYPOTHESEN

Die Replikation von Forschungsergebnissen stellt das Grundprinzip reliabler Forschung und somit nach wie vor ein übergeordnetes Forschungsziel dar. Aus dem bestehenden Mangel an und der daraus resultierenden Notwendigkeit von Replikationsstudien im Bereich der Sozialwissenschaften (vgl. Open Science Collaboration, [2015](#)) entsteht auch für den Bereich der Schülerlaborbegleitforschung ein Replikationsbedarf zur Absicherung bisheriger Befunde. Aufgrund dessen wurden in diese Studie die Hypothesen **H₁**, **H₂** und **H₃** aufgenommen, welche die Reproduzierbarkeit von Ergebnissen aus bisherigen Studien zur Wirksamkeit von Schülerlaboren im Hinblick auf die Aspekte Interessengenesse, Akzeptanz des Laborbesuchs, Selbstwirksamkeitserwartung und Image der Lernenden von Wissenschaft prüfen.

HYPOTHESEN 1 BIS 3 (REPLIKATION)

- H₁ Schülerlabore fördern die Interessengenesse von Lernenden.
- Der Besuch des Schülerlabors weckt aktuelles Interesse.
 - Der Experimentiertag bringt einen Lernzuwachs.
 - Der Experimentiertag macht Spaß.
 - Während des Schülerlaborbesuchs sind die drei psychologischen Grundbedürfnisse nach Deci und Ryan ([2000](#)) befriedigt.
 - Das Fach- und Sachinteresse an Physik und Naturwissenschaften wird durch den Besuch des Schülerlabors positiv beeinflusst.
-

- H₂ Schülerlabore fördern eine positive Einstellung der Lernenden zu naturwissenschaftlichen Tätigkeiten und Berufen.
- a. Der Schülerlaborbesuch fördert die Selbstwirksamkeitserwartung für naturwissenschaftlich-technische Arbeitsweisen.
 - b. Der Schülerlaborbesuch beeinflusst die Einstellung zu naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen positiv.
- H₃ Schülerlabore fördern eine adäquate und positive Wahrnehmung von Naturwissenschaften für folgende Aspekte:
- a. Image der Lernenden vom Unterrichtsfach und der Wissenschaft Physik.
 - b. Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag.
 - c. Einblick in naturwissenschaftliche Forschung.
-

Obwohl Schülerlabore nur eine kurzfristige Wirkung bezüglich des Interesses zu haben scheinen, heißt das nicht, dass die Wirkung auf den Lernort Schülerlabor beschränkt ist: Auch auf den konventionellen naturwissenschaftlichen Unterricht wirkt der Schülerlaborbesuch nach. So ist es beispielsweise möglich, das Fähigkeitsselbstkonzept der Lernenden kurzfristig auch über den Laborbesuch hinaus zu steigern (Brandt, 2005; Pawek, 2009; Streller, 2015; Weßnigk, 2013). Besonders Lernende mit niedrigem Selbstkonzept profitieren hiervon. In dieser Studie wird anstatt des (in bisherigen Studien geprüften) Fähigkeitsselbstkonzepts (FSK), die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) untersucht. Maßgeblich für diese Entscheidung ist die aus der Theorie begründete Annahme der leichteren Veränderlichkeit der SWE. Interessant ist es nun zu sehen, wie stark die SWE durch den Schülerlaborbesuch beeinflusst werden kann. Aufgrund der leichteren Veränderlichkeit der SWE können evtl. erkenntnisreichere bzw. deutlichere Wirkzusammenhänge hergestellt werden, als dies mit dem FSK möglich wäre. Die Hypothese H₄ stellt somit eine vertiefte Replikation bzw. Erweiterung bisheriger Befunde dar.

HYPOTHESE 4 (VERTIEFTE REPLIKATION)

- H₄ Schülerlabore haben einen positiven Einfluss auf regulären Unterricht.
- a. Der Besuch des Schülerlabors hat positive Auswirkungen auf die schulische Selbstwirksamkeitserwartung im Physikunterricht und speziell für das Experimentieren im Physikunterricht.
 - b. Durch den Schülerlaborbesuch kann das Engagement / die Leistungsbereitschaft im Fach Physik gesteigert werden.
-

Die Hypothese **H5** ergibt sich aus den Rahmenbedingungen der Untersuchung. Sie stellt keine Replikation dar, sondern hat ein eigenständiges Interesse und prüft, inwiefern es der Experimentiertag schafft, die Einstellungen und Vorstellungen der Lernenden zu Radioaktivität und Strahlung zu verändern. Damit wird die Untersuchung um einen fachlich spezifischen kognitiven Aspekt erweitert.

HYPOTHESE 5

H5 Der Schülerlaborbesuch am Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ verbessert die Einstellungen und Vorstellungen der Lernenden zu Radioaktivität und Strahlung in Bezug auf die Aspekte: Interesse an der Thematik Radioaktivität, Argumentationsfähigkeit, Fehlvorstellungen, Angst vor Strahlung, Abneigung gegenüber Radioaktivität.

4.2 FORSCHUNGSFRAGE

Das Hauptinteresse dieser Untersuchung spiegelt sich in der in drei Facetten gegliederten Forschungsfrage (**FFa, b & c**) wider. Diese untersucht das Zusammenspiel *professioneller Handlungskompetenz von Betreuenden*, der von Lernenden wahrgenommenen *Qualität der Betreuung* während des Laborbesuchs und den *Zielvariablen von Schülerlaboren*.

FORSCHUNGSFRAGE DER STUDIE

- FF Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Zielvariablen von Schülerlaboren, der Qualität der Betreuung und der professionellen Handlungskompetenz von Betreuenden?
- a. Gibt es einen direkten Zusammenhang zwischen professioneller Handlungskompetenz von Betreuenden (Professionswissen, Werthaltungen, Motivation und Selbstregulation, soziale Kompetenz) und den Zielvariablen von Schülerlaboren (Interesse, Image und Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf Physik und Naturwissenschaften)?
 - b. Inwiefern stellen die Aspekte professioneller Handlungskompetenz Prädiktoren für die (von Lernenden wahrgenommene) Qualität der Betreuung dar?
 - c. Welche Verbindung besteht zwischen den von Lernenden wahrgenommenen Qualitätsmerkmalen der Betreuung und den Zielvariablen von Schülerlaboren?
-

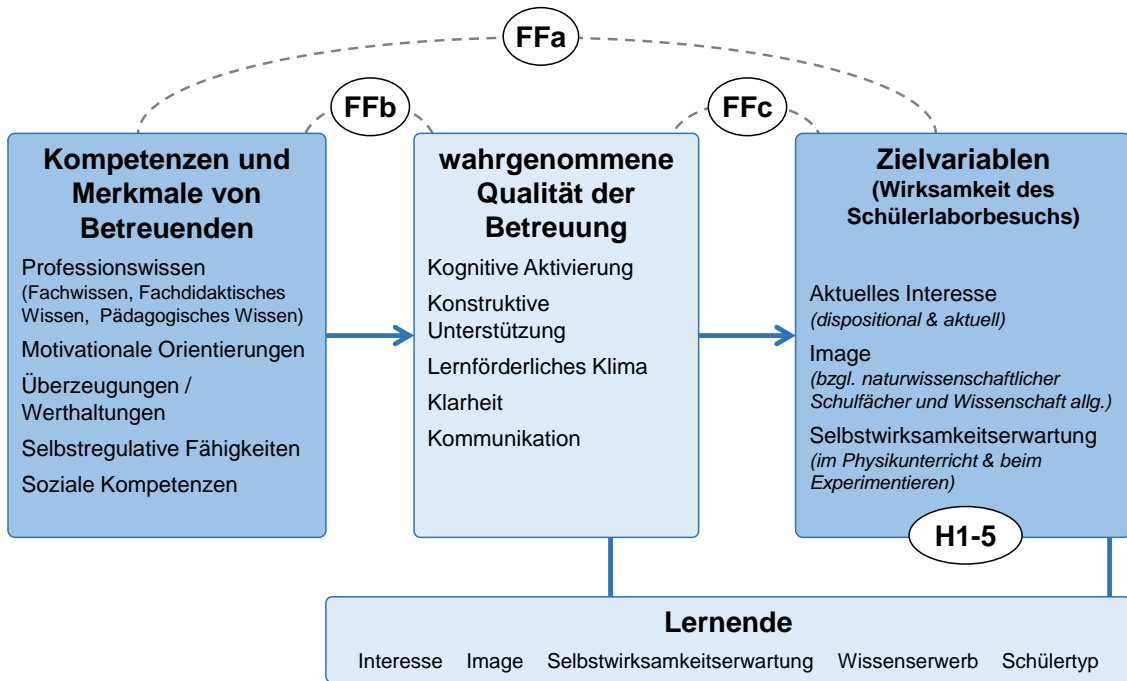


Abb. 19: Die Einordnung der Hypothesen und Forschungsfragen in das Untersuchungsmodell dieser Studie.

Die Forschungsfrage und die Hypothesen ordnen sich wie in [Abb. 19](#) gezeigt in das theoretisch fundierte und angenommene Wirk- und Untersuchungsmodell dieser Studie ein.

Für eine detaillierte Analyse sowohl der vorher angeführten Hypothesen, wie auch der nun folgenden Forschungsfragen, ist es gewinnbringend *Teilgruppenvergleiche* durchzuführen. Neben kategorialen Vergleichen (z.B. Alter, Schulart & Geschlecht) scheint es vor dem Hintergrund der Interessengenese im Schülerlabor vorteilhaft zu sein, die Lernenden hinsichtlich ihrer Interessenprofile zu gruppieren; also *Interessentypen* der Schüler zu identifizieren (vgl. Pawek, 2009; Streller, 2015; Weßnigk, 2013). Gleiches gilt für die Betreuenden am Experimentiertag. Aus diesem Grund wird die vorgeschaltete Forschungsfrage **FFo** formuliert.

(VOR-)FORSCHUNGSFRAGE (TYPENBILDUNG)

FFo Welche Subgruppen und Typisierungen können mit der Stichprobe identifiziert werden?

- a. Welche Subgruppen enthält die Stichprobe?
 - b. Welche Schülertypen können identifiziert werden?
 - c. Welche Betreuertypen können identifiziert werden?
-

KONZEPTION & METHODIK DER STUDIE

In diesem Kapitel wird die Konzeption der Untersuchung vorgestellt. Dazu erfolgt zunächst die Darlegung des organisatorischen Rahmens ([Abschnitt 5.1](#)). Darauf aufbauend wird das Design und die Anlage der Untersuchung ausgeführt, sowie der Einsatz und die Konstruktion der Erhebungsinstrumente beschrieben ([Abschnitt 5.2 & 5.3](#)).

5.1 ORGANISATORISCHER RAHMEN

5.1.1 Datenerhebung im Schülerlabor DeltaX

Wie in [Kapitel 2](#) näher ausgeführt, bietet das Schülerlabor DeltaX am HZDR während der Schulzeit i.d.R. von Montag bis Donnerstag sog. *Experimentiertage* für Schulklassen an. Neben diesen Experimentiertagen in der Schulzeit werden außerdem über 20 Sonderveranstaltungen im Jahr durchgeführt (Lehrerfortbildungen, Tag des offenen Labors, Ferienprogramme, ...). Das Labor hat eine Größe von ca. 120 m² und bietet Platz für Schulklassen mit bis zu 32 Schülern an insgesamt vier Stationstischen ([Abb. 20](#)). Der Betreuerstamm besteht aus Studenten der TU Dresden auf SHK-Basis, Azubis des HZDR und aus festen Mitarbeitern des Schülerlabors.

Die insgesamt vier Experimentiertage unterscheiden sich in Dauer und Anspruch ([Tab. 5](#)). Eine überblicksartige inhaltliche Beschreibung, sowie ein generelles Ablaufschema eines Experimentiertages, wird auf [Abschnitt 2.2](#) verwiesen.

ERHEBUNG AN WELCHEM TAG? Es ist nötig, die Erhebung auf einen Experimentiertag einzugrenzen. Die Gründe hierfür sind vielfältig: Auf der Hand liegt, dass für wirkliche Vergleichbarkeit die Einschränkung auf ein festes Thema nötig

Tab. 5: Die Experimentiertage im Schülerlabor DeltaX.

EXPERIMENTIERTAG	KLASSENSTUFE	STATIONEN	DAUER / STATION
Magnetismus	ab Klasse 9	4 Stationen	ca. 60 Min
Auf der Suche nach Licht und Farbe	Klasse 6 und 7	3 Stationen	ca. 50 Min
Licht und Farbe	ab Klasse 8	2 Stationen	ca. 90 Min
Radioaktivität und Strahlung	ab Klasse 9	2 Stationen	ca. 90 Min



Abb. 20: Laborraum des Schülerlabors DeltaX am HZDR (Foto: ©HZDR/D. MÜLLER).

wird, da anzunehmen ist, dass die Interessenentwicklung domänenspezifisch ist und so z.B. Radioaktivität und Farbmischung unterschiedliche Ergebnisse zeigen könnten. Zum anderen ist es so, dass die Betreuer je nach Experimentiertag unterschiedlich viel Handlungsspielraum haben. Auch dieser Aspekt legt die Eingrenzung der Untersuchung auf einen Versuchstag nahe.

Die Rahmenbedingen (vgl. auch [Tab. 5](#)) zeichnen nun die Lösung auf die Frage, an welchem Experimentiertag die Erhebung stattfinden soll, wesentlich vor. Für diese Untersuchung ist es aus Gründen der Vergleichbarkeit notwendig, dass die Betreuer den ganzen Tag über bei den selben Schülern bleiben, d.h. sie müssen die Schüler von Station zu Station begleiten und somit auch alle Stationen beherrschen können. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, einen Tag zu wählen, an dem möglichst wenig Stationen betreut werden müssen. Das ist auch vor dem Hintergrund sinnvoll, dass die Betreuer ggf. erst angelernt werden müssen. Dafür bieten sich die beiden Versuchstage „Licht und Farbe“ und „Radioaktivität und Strahlung“ an ([Tab. 5](#)). Zum anderen ist es nötig, dass ein Experimentiertag gewählt wird, an dem den Betreuern viel eigene Gestaltungsmöglichkeiten eingeräumt werden. Daher fällt die Entscheidung letztlich auf den Experimentiertag *Radioaktivität und Strahlung*. Ein weiterer Grund für diese Wahl ist praktischer Natur: Dieser Versuchstag wird sehr stark nachgefragt, sodass ein vergrößertes Angebot (angemessene Stichprobengröße) problemlos möglich ist.

5.1.2 Der Experimentiertag Radioaktivität und Strahlung

Im Folgenden sollen Ablauf und Inhalt des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“ dargelegt werden. Der Versuchstag wird für Schülergruppen ab Klasse 9 angeboten, umfasst 2 Stationen (*Station 1: Umweltradioaktivität* und *Station 2: Eigenschaften ionisierender Strahlung*) und dauert von 9 bis 14 Uhr (vgl. [Tab. 6](#)).



Abb. 21: Schematische Abfolge des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“ (Fotos: ©HZDR).

Abb. 20 zeigt den Grundaufbau des Labors. Insgesamt gibt es 4 Stationstische; am Experimentiertag ist an jeweils zwei Tischen dieselbe Station aufgebaut. Die Bezeichnungen Station 1 und Station 2 sind dabei der Übersichtlichkeit wegen gewählt. In der Praxis beginnen also auch Schüler mit Station 2 und absolvieren danach Station 1 – die Zahlen stellen keine Reihenfolge dar.

ABLAUF Der Ablauf des Experimentiertags ist in Abb. 21 skizziert. Im Rahmen des Eingangsvortrags erfolgt zunächst eine Kurzvorstellung des HZDRs als Forschungsstandort, sowie eine thematische Hinführung auf die beiden Stationen des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“. Dazu gehören auch Sicherheitshinweise zum Umgang mit radioaktiven Stoffen und eine Belehrung. Danach betreten die Schüler den Laborraum.

Mit Beginn der Stationsarbeit werden die Schüler im Labor möglichst in möglichst gleichgroßen Gruppen an den Stationstischen verteilt. Pro Stationstisch betreut jeweils ein Betreuer eine Gruppe. Dort befindet sich üblicherweise eine Gruppe von bis zu vier Teams à zwei (in Ausnahmefällen drei) Schülern (vgl. Abb. 5 auf Seite 12). Nach kurzer Vorstellung geben die Betreuenden die Stationsanleitungen aus, die die Grundlage zum Experimentieren, Dokumentieren und Auswerten darstellt. Für die beiden Stationen *Umweltradioaktivität* und *Eigenschaften ionisierender Strahlung* stehen 90 Minuten zur Verfügung. Eine genaue zeitliche Aufschlüsselung findet sich in Tab. 6.

Nach Ende dieser Zeit werden die Stationen gewechselt. Dabei bleiben die Betreuer *nicht* an der Station sitzen, sondern gehen mit den Schülern mit. Die Arbeit an den Stationen wird durch eine Frühstückspause (15 Minuten) und durch eine Mittagspause (45 Minuten) unterbrochen.

Zum Ende des Experimentiertags erfolgt ein von Betreuern durchgeführtes Abschlussexperiment zur Radioaktivität im Zigarettenrauch. Der Versuchstag

Tab. 6: Ablauf des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“.

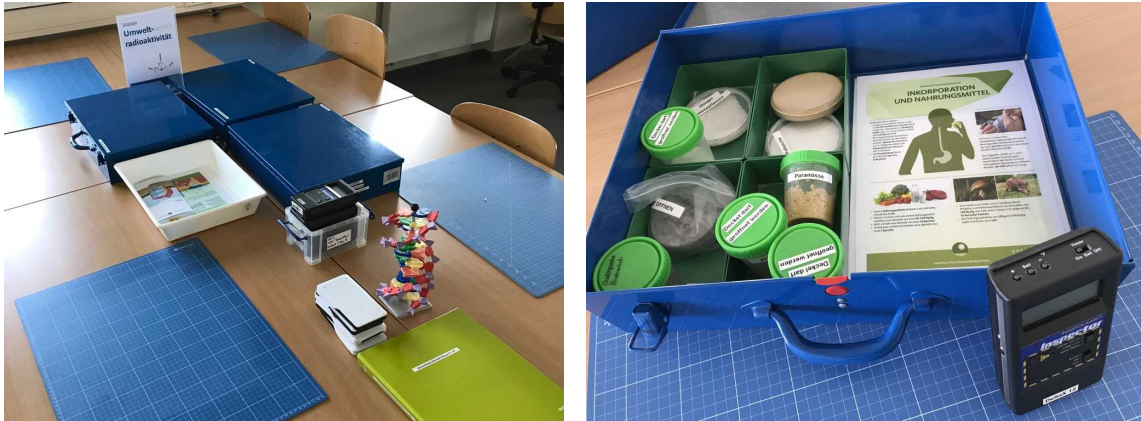
ZEIT	INHALT
09.00 – 09.50 Uhr	Einführung
09.50 – 10.45 Uhr	Station 1
10.45 – 11.00 Uhr	Pause
11.00 – 11.35 Uhr	Station 1 (Fortsetzung)
11.35 – 12.55 Uhr	Station 2
12.55 – 13.30 Uhr	Mittagspause
13.30 – 13.40 Uhr	Station 2 (Fortsetzung)
13.40 – 13.50 Uhr	Abschlussexperiment
14.00 Uhr	Ende

wird durch eine kurze Zusammenfassung beendet. Abschließend werden alle Schüler wieder bis zum Eingang begleitet und der Versuchstag ist beendet.

STATION UMWELTRADIOAKTIVITÄT In Deutschland liegt die natürliche Strahlenbelastung laut Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) bei ca. 2,1 Millisievert im Jahr (BfS, 2017). Die Station beginnt am Stationstisch (Abb. 22a) mit einer Diskussion in der Gruppe anhand eines Diagramms, auf dem die Zusammensetzung der jährlichen Strahlenbelastung in Deutschland abgebildet ist. Die Schüler diskutieren den Einfluss von Radon, medizinische Anwendungen, die Aufnahme von Radionukliden mit der Nahrung und den Einfluss kosmischer und terrestrischer Strahlung. — Zeit: ca. 15 Minuten

Anschließend sollen die Schüler selbst einmal verschiedene Gegenstände aus dem Alltag mit einem Strahlungsmessgerät messen. Dazu ist es nötig, zunächst den *Nulleffekt* zu bestimmen. Die Schüler stehen auf und messen an verschiedenen Punkten im Raum mehrmals die *Aktivität A* in Impulsen/Minute. Verwendet wird dafür das Strahlungsmessgerät *Radiation Alert[®] Inspector* von *SE International, Inc.* – ein einfaches batteriebetriebenes Messgerät zur Messung von α -, β -, γ - und Röntgenstrahlung mit hoher Nachweisempfindlichkeit. Wichtig ist, dass die Schüler ein Gefühl dafür bekommen, wie groß der Nulleffekt ist; zur Berechnung des Mittelwertes liegen zudem Taschenrechner bereit. — Zeit: ca. 10 Minuten

Nachdem der Nulleffekt bestimmt worden ist, folgt die Untersuchung verschiedene Gegenstände aus dem Alltag im Team (i.d.R. 2 Schüler). Dies stellt den Kern dieser Station dar. Dabei wird jedem Team ein anderes Thema zugewiesen: es handelt sich um die Expertenthemen *Luft, Lebensmittel, Geologie und Alltagsgegenstände*. Jedes Schülerteam wählt sich ein solches Thema aus und soll im Anschluss – als „Experte“ für das Thema – ihren Mitschülern die Thematik erklären. Dazu bekommen sie einen Koffer, der die jeweils passenden Gegenstände, sowie Informationsmaterial enthält (Abb. 22b). Beispielsweise enthält der Koffer des Expertenteams *Lebensmittel* verschiedene Lebensmittel wie Nüsse oder Bananenchips, aber auch Düngemittel und andere pflanzliche Erzeugnisse wie



(a) Der Stationstisch an der Station 1: Umweltra-
dioaktivität.

(b) Lebensmittel zur Untersuchung auf ionisie-
rende Strahlung.

Abb. 22: Die Station Umweltradioaktivität am Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ (Fotos: ©HZDR).

z.B. Tabak. Auch nicht-radioaktive Lebensmittel sind enthalten. Für den Themenbereich *Luft* gibt es keinen solchen Koffer; die Schüler erhalten den Filter eines Luftpartikelsammlers, der im Voraus ca. eine Stunde lang Staub und Aerosole aus der Luft in einem Nebenzimmer gesammelt hat. Bei dem Gerät handelt es sich um den *Hochvolumen-Aerosammler SPIRO-1200* von *Pedi Zürich*, mit dem in der Luft vorhandene Partikel auf Filtern gesammelt werden können (vgl. [Abb. 21](#) unten links). Anschließend werden die gesammelten Ergebnisse im Gruppengespräch ausgewertet. — Zeit: 20 Minuten Arbeitszeit + 15 Minuten für die Auswertung

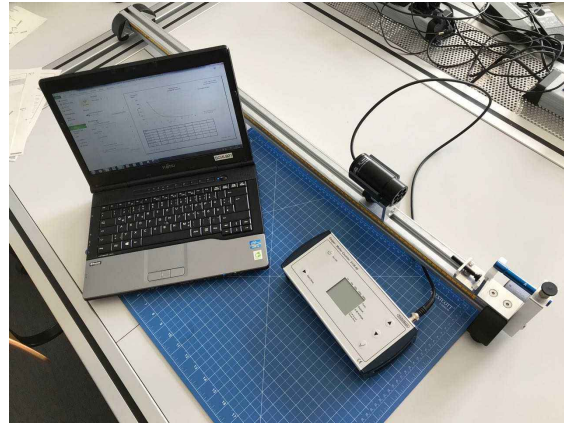
Hiernach geht es wieder im Gruppengespräch um die Einordnung der gemessenen Zerfälle. Da die Messgeräte nur die *Aktivität* messen, also die Anzahl der gemessenen Impulse pro Zeit, nicht aber zwischen α -, β - oder γ -Strahlung unterscheiden können und auch die kinetische Energie der Teilchen nicht detektieren, sind keine Aussagen über die Gefährlichkeit der Proben möglich. Daher werden im Gruppengespräch die Strahlungsarten α -, β - oder γ -Strahlung anhand ihrer Wechselwirkung mit Materie und ihrer Reichweite diskutiert. In der Folge werden dann die verschiedenen Einheiten der Strahlendosis verglichen (*Energiedosis* D [Gy = J/kg] und *Äquivalentdosis* $H = \omega \cdot D$ [Sv = J/kg] mit ω : Strahlenwichtungsfaktor). — Zeit: ca. 10 Minuten

Abschließend lernen die Schüler an dieser Station etwas über die Strahlenwirkung auf den Körper – Aufnahme von Radionukliden durch die Luft und die Nahrung, Prozesse in der Zelle und in der DNA, sowie medizinischen Anwendungen von Radioaktivität (z.B. PET-Scan). Dazu steht eine selbst geschriebene Applikation am Computer zur Verfügung — Zeit: ca. 20 Minuten

STATION EIGENSCHAFTEN IONISIERENDER STRAHLUNG In dieser Station werden die Eigenschaften ionisierender Strahlung untersucht. Für die Versuche zur Abhängigkeit von Impulsrate und Abstand (Abstandsgesetz) sowie für die Versuche zur Abschirmwirkung verschiedener Materialien und der Schichtdicke steht am Stationstisch für jedes Team eine eigene Messschiene mit einem inte-



(a) Der Stationstisch an der Station 2: Eigenschaften ionisierender Strahlung.



(b) Messschiene zur Ermittlung des Abstandsgesetzes und zur Abschirmwirkung unterschiedlicher Materialien.

Abb. 23: Die Station Eigenschaften ionisierender Strahlung am Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ (Fotos: ©HZDR).

grierten Geiger-Müller-Zähler zur Verfügung (Abb. 23). Verwendet wird der *GM-Counter 513600 mit Zählrohr von Frederiksen®*; die Messschiene wurde von der Forschungstechnik des HZDR entwickelt und hergestellt.

Zu Beginn dieser Station sollen sich die Schüler mithilfe einer elektronischen Nuklidkarte⁶ sowie des Periodensystems an der Wand die radioaktiven Strahlerstifte charakterisieren, mit denen sie anschließend umgehen. Zur Verfügung steht ein Natriumstrahler (^{22}Na ; β^+ -Strahler) und ein Radiumstrahler (^{226}Ra ; α -Strahler). So werden ausgesendete Teilchen (Strahlungsart), das Zerfallsprodukt und die Kernreaktionsgleichungen in Zusammenarbeit mit dem Betreuer ermittelt.
— Zeit: ca. 15 Minuten

Im Anschluss daran erfolgt analog zur Station „Umweltradioaktivität“ die Messung des Nulleffekts. Diese Aufgabe ist jedoch nicht ganz identisch: Die Geiger-Müller-Zähler an dieser Station messen im Gegensatz zu den Messgeräten an der Station Umweltradioaktivität die Impulse pro 10 Sekunden (nicht pro Minute). Daher kann auf den Schritt der Bestimmung des Nulleffekts nicht verzichtet werden, auch wenn dieser schon an der jeweils anderen Station gemessen wurde.
— Zeit: ca. 10 Minuten

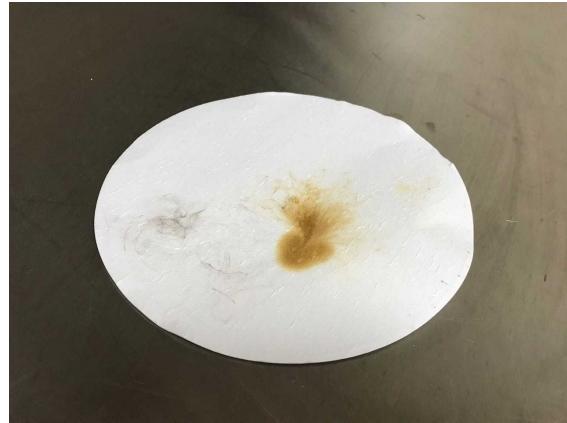
Den Kern dieser Station bildet die Untersuchung der Abhängigkeit der Impulsrate vom Abstand (Abstandsgesetz). Dazu messen die Schüler die Impulsrate bei verschiedenen Abständen vom Strahler und tragen die Messwerte in eine vorbereitete *Excel*-Tabelle ein. In der Tabelle erstellen die Schüler das Impulsrate-Abstandsdiagramm und drucken sich dieses aus. Abschließend werden die Diagramme im Gruppengespräch ausgewertet. — Zeit: 20 Minuten Arbeitszeit + 10 Minuten für die Auswertung

Den Abschluss der Station bildet analog zur vorherigen Untersuchung die Untersuchung der Abhängigkeit der Impulsrate von der Schichtdicke eines bestimm-

⁶ Genutzt wird das Freeware-Programm „Nukliddaten“ von Marco Schwarz. Das Programm kann unter <https://www.marcoschwarz-online.de/physik/> heruntergeladen werden.



(a) Mit Luftsammler und Zigaretten kann die Radioaktivität von Tabakrauch nachgewiesen werden.



(b) Der Feinstaubfilter nach dem Abbrennen von ca. 2 cm Zigarette.

Abb. 24: Das Abschlussexperiment zeigt, dass sich im Zigarettenrauch Radionuklide nachweisen lassen (Fotos: ©HZDR).

ten Materials bzw. die Untersuchung der Abschirmwirkung unterschiedlichen Materialien bei gleicher Schichtdicke. Dazu stehen den Schülern Proben unterschiedlichen Materials mit unterschiedlicher Dicke zur Verfügung. Die Methodik ist identisch wie bei der Voraufgabe; nach dem Ausmessen der Proben drucken sich die Schüler mithilfe der Excel-Tabelle ihr Diagramm aus und werten dieses im Gruppengespräch mit dem Betreuer aus. — Zeit: 20 Minuten Arbeitszeit + 15 Minuten für die Auswertung

ABSCHLUSSEXPERIMENT Mit dem Abschlussexperiment wird die Radioaktivität von Zigarettenrauch nachgewiesen. Dazu wird eine Zigarette vor den mit einem Filter bestückten Luftsammler *ASPIRO-1200* gebracht, die Zigarette angezündet und der Luftsammler eingeschaltet (Abb. 24). Nach ca. einer Minute ist etwa die Hälfte einer handelsüblichen Zigarette abgebrannt. Die Rauchpartikel befinden sich nun auf dem Filter. Dieser kann nun mit dem *Inspector* untersucht werden. Je nach Marke, Herkunft, Art und Alter der Zigaretten ist ein deutlicher Anstieg der Impulsrate festzustellen.

Die Radioaktivität von Tabakrauch ist schon in den 70er Jahren von Edward A. Martell im Fachblatt *Nature* nachgewiesen worden (Martell, 1974). Dennoch ist diese Erkenntnis den meisten Schülern unbekannt und sorgt so immer wieder für Staunen. Es ist vor allem der α -Strahler ^{210}Po , der sich als Zerfallsprodukt von Radonisotopen im Zigarettenrauch nachweisen lässt. — Zeit: ca. 10 Minuten

5.2 ANLAGE UND DESIGN DER UNTERSUCHUNG

Das Anliegen dieser Studie ist die systematische Untersuchung von Zusammenhängen zwischen den im Untersuchungsmodell (Abb. 19 auf Seite 72) enthaltenen Konstrukten. Dazu ist es nötig ein geeignetes Design zu wählen und die für die Fragestellung relevanten Konstrukte möglichst *valide, reliabel und objektiv* zu erheben.

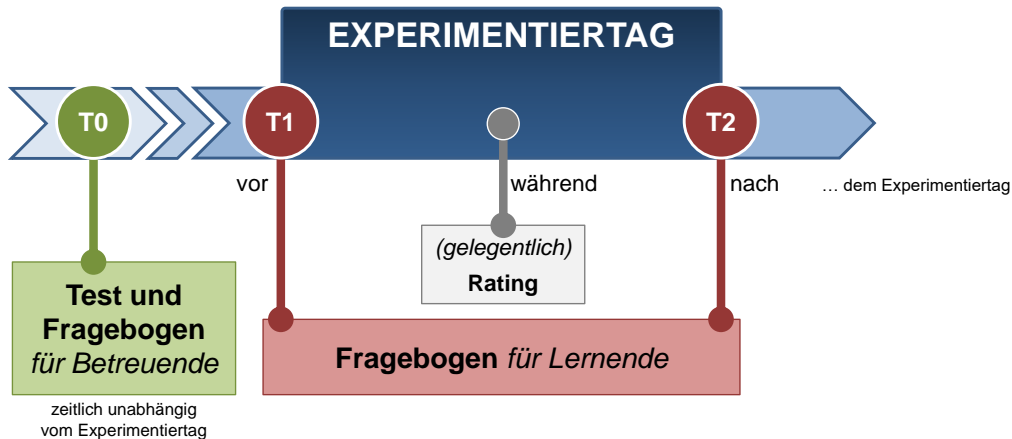


Abb. 25: Für die Fragebogenerhebung wurde ein Pre-Post-Design gewählt. Ergänzt wird diese durch Professionswissenstests für Betreuende (unabhängig vom konkreten Versuchstag) und gelegentliche Beobachtung der Betreuung.

DESIGN Zur Beantwortung der formulierten Hypothesen und der Forschungsfrage (Kapitel 4) wurde ein *Pre-Post-Design* gewählt (Abb. 25). Jeweils vor (Zeitpunkt T1) und nach dem Experimentiertag (Zeitpunkt T2) wird die von den Lernenden wahrgenommene Qualität des Experimentiertags und zusätzlich nach dem Experimentiertag (T2) die Zielvariablen des Schülerlabors erfasst. Zudem wird die Qualität des Experimentiertags an einigen wenigen Experimentiertagen durch ein Rating von einem Beobachter beurteilt⁷. Die Kompetenzen und Merkmale der Betreuenden werden durch einen Test und einen Fragebogen erhoben (unabhängig vom konkreten Versuchstag; Zeitpunkt „T0“).

Somit kommen insgesamt *fünf Messinstrumente* zum Einsatz (vgl. Abb. 25):

1. *Professionswissenstest* für Betreuende (Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, Pädagogisches Wissen)
2. *Fragebogen* für Betreuende zu weiteren Aspekten professioneller Handlungskompetenz (Überzeugungen / Werthaltungen, Motivation, Selbstregulation)
3. T1: *Fragebogen* zu Zielvariablen des Schülerlabors für Lernende (vor dem Experimentiertag – Pre-Test)
4. *Ratingbogen* zur Beurteilung der Qualität der Betreuung (während des Experimentiertags)
5. T2: *Fragebogen* zu Zielvariablen des Schülerlabors und wahrgenommener Betreuungsqualität für Lernende (nach dem Experimentiertag – Post-Test)

⁷ Dies dient dem Vergleich von wahrgenommener Qualität des Experimentiertags durch Lernende und der beobachteten Qualität von einem Beobachter.

Tab. 7: Ablauf des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“ mit Erhebung.

ZEIT	INHALT
09.00 – 09.50 Uhr	Einführung & <i>Fragebogen (T1)</i>
09.50 – 10.45 Uhr	Station 1
10.45 – 11.00 Uhr	Pause
11.00 – 11.30 Uhr	Station 1 (Fortsetzung)
11.30 – 12.55 Uhr	Station 2
12.55 – 13.30 Uhr	Mittagspause
13.30 – 13.45 Uhr	<i>Fragebogen (T2)</i>
13.45 – 13.55 Uhr	Abschlussexperiment
14.00 Uhr	Ende

Durch den Einsatz der Erhebungsinstrumente ändert sich auch leicht der Ablauf des Experimentiertags (vgl. [Tab. 7](#)).

ERHEBUNG In der Schülerlaborforschung haben sich *Fragebögen* als Messinstrument etabliert; und auch in dieser Studie kommen Fragebögen zum Einsatz, die die Teilnehmer/-innen einmal direkt vor dem Experimentiertag und einmal direkt im Anschluss an den Experimentiertag ausfüllen. Mit den Fragebögen wird zum einen die (von den Schülern wahrgenommene) *Qualität der Betreuung am Experimentiertag* und zum anderen die *Zielvariablen des Schülerlaborbesuchs* ([Abb. 18](#)), sowie weitere Aspekte des Experimentiertags hauptsächlich über *Likert-Skalen* erhoben. So können die kurzfristigen Schülerlabor-bedingten Veränderungen zwischen der ersten und der zweiten Befragung identifiziert werden. Die in dieser Studie verwendeten Fragebögen sind in [Abschnitt 5.3.3](#) ([Seite 92](#)) näher beschrieben.

In der Unterrichtsforschung zeichnet sich ein Trend zu Videoaufnahme und anschließender Kodierung und Rating ab. Aufgrund der Rahmenbedingungen ist eine Ergänzung der Fragebogenerhebung durch eine Videostudie im Schülerlabor DeltaX jedoch nicht möglich. Dennoch soll die Untersuchung um eine weitere Perspektive erweitert werden:

Mit einem *Ratingbogen* soll an einigen Versuchstagen ebenfalls die Qualität der Betreuung (vgl. [Abb. 18](#)) erhoben werden. In einem *Live-Rating* beurteilt ein unabhängiger Beobachter die Ausprägung derselben (in [Abb. 18](#) aufgeführten) Qualitätsmerkmale, die auch im Fragebogen für Lernende durch Likert-Skalen erhoben werden. So können die Qualitätsmerkmale hinsichtlich ihrer Erhebungsart verglichen werden (Validierung).

Die Kompetenzen und Merkmale von Betreuenden werden durch einen weiteren *Fragebogen* bzw. einen *Wissenstest* erhoben. Dieser ist losgelöst vom individuellen Experimentiertag zu betrachten und dient der Erfassung von Professionswissen, sowie den weiteren Aspekten professioneller Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter ([2006](#)). Insbesondere können mit den Tests die drei Komponenten des Professionswissens (Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches

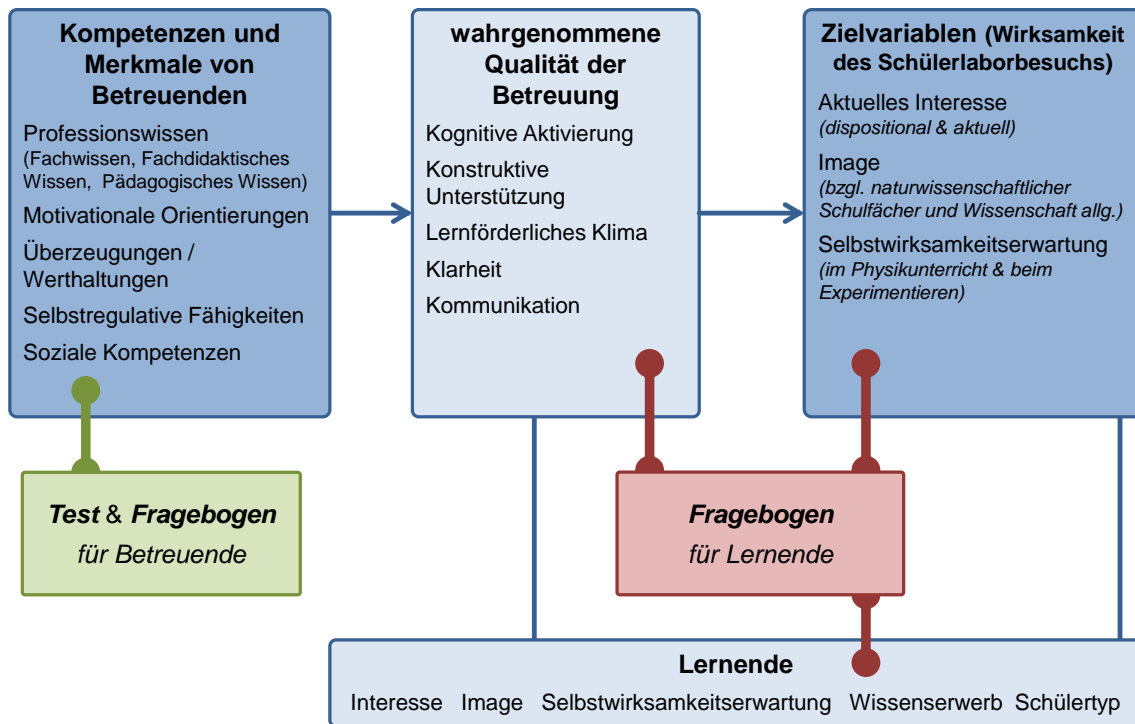


Abb. 26: Die Erhebung der Konstrukte des Untersuchungsmodells durch den methodischen Einsatz der Erhebungsinstrumente.

Wissen), sowie die verschiedenen Facetten des fachdidaktischen Wissens getrennt voneinander gemessen und ausgewertet werden. Die Konstruktion, der Aufbau und der Inhalt dieser Fragebögen und der Tests sind in [Abschnitt 5.3.1 \(Seite 83\)](#) dokumentiert.

Die sozialen Kompetenzen der Betreuenden werden durch die Schüler im Fragebogen (Post-Befragung) erhoben.

Der methodische Einsatz der Erhebungsinstrumente im Rahmen dieser Untersuchung ist überblicksartig in [Abb. 26](#) dargestellt.

5.3 ERHEBUNGSINSTRUMENTE

5.3.1 *Professionswissenstests für Betreuende*

Für die Entwicklung des Professionswissenstests bildete das Modell professioneller Handlungskompetenz von Baumert et al. (2000) (vgl. [Abb. 12](#) auf [Seite 40](#)) den theoretischen Rahmen. Für die konkrete Strukturierung und Operationalisierung der einzelnen Wissensbereiche Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen konnte jeweils spezifische Literatur verwendet werden; besonders die Publikationen des Forschungsverbunds *ProfiLe-P* (Riese et al., 2015) hatten einen hohen Mehrwert für die Entwicklung der (*Itementwicklungs*)-Modelle dieser Untersuchung.

Die Dokumentation der Aufgaben und Items von Test und Fragebogen der Betreuenden (To) inkl. Kodiermanual findet sich in [Anhang A](#).

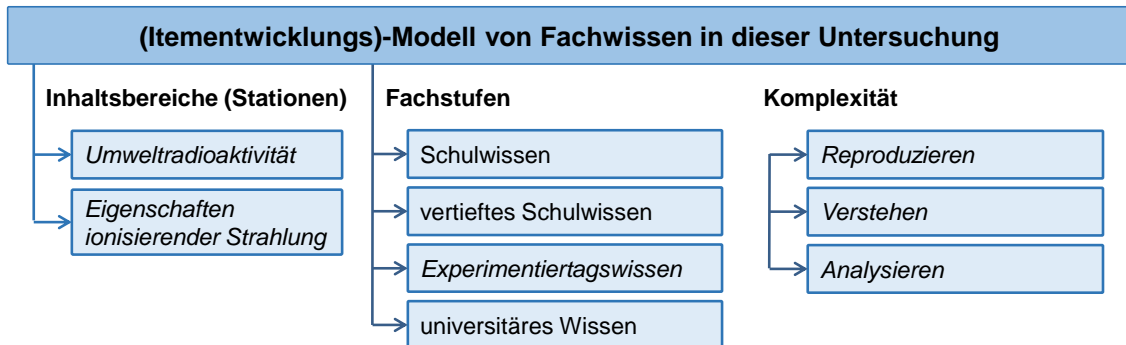
Test von Fachwissen

Für das Fachwissen (FW) wurde die Modellierung nach Riese et al. (2015) herangezogen ([Abb. 27a](#)). Die einzelnen Facetten sind bei Riese et al. (2015) näher beschrieben. Die Aufgabensammlung und -entwicklung des Tests von FW erfolgt auf Grundlage des für diese Studie adaptierten Modells.

Dieses Modell für das FW ist in [Abb. 27b](#) dargestellt. Die *Inhaltsbereiche* konnten direkt auf die Inhalte der beiden Stationen des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“ (Umweltradioaktivität und ionisierende Strahlung) bezogen werden. Die *Fachstufen* wurden um das *Experimentiertags-bezogene Wissen* erweitert. Diese Facette repräsentiert Wissen, welches weder Schulwissen noch universitärem Wissen zugeordnet werden kann, sondern Wissen enthält, welches speziell für den Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ relevant ist. Diese zusätzliche Fachstufe kann zwischen vertieftem Schulwissen und universitärem Wissen eingeordnet werden. Um das Modell gleichzeitig auch als *Itementwicklungsmodell* verwenden zu können, ist es nötig das Modell um eine weitere Teildimension zu erweitern: So führten Riese et al. (2015) die in [Abb. 27a](#) zu sehende Teildimension *Komplexität* ein, um zu gewährleisten, dass Aufgaben unterschiedlicher Schwierigkeit erstellt werden können. Die Teildimension ist auch in das Itementwicklungsmodell dieser Studie eingebunden; allerdings mit den Unterscheidungen, die auch Gramzow (2015) für ihr Itemmodell des fachdidaktischen Wissens verwendete: *Reproduzieren, Anwenden und Analysieren* (vgl. auch Riese, Gramzow & Reinhold, 2017); wobei die zweite Stufe *Anwenden* durch *Verstehen* ersetzt wurde, da die steigende Komplexität so deutlicher wird und auch die Abgrenzung zur dritten Komplexitätsstufe *Analysieren* greifbarer wird. Um zu verdeutlichen, dass diese Teildimension keine eigentliche *Facette* im Modell des FW darstellt, sondern primär vor dem Hintergrund der vielfältigen Aufgabenerstellung für einen FW-Test integriert wurde, fehlt die direkte Verbindung in Form eines Pfeiles in beiden Modellen ([Abb. 27a](#) & [27b](#)). Die Anpassungen im Modell dieser Untersuchung sind in [Abb. 27b](#) *kursiv* dargestellt.



(a) Modellierung von Fachwissen nach Riese et al. (2015).



(b) Für diese Studie adaptiertes (Itementwicklungs)-Modell für den Test des Fachwissens.

Abb. 27: Modellierung von Fachwissen. Die Teildimension *Komplexität* stellt keine eigene Dimension der Modellierung dar (kein Pfeil in den Abbildungen), sondern wurde integriert, um aus dem *Modell* ein *Itementwicklungsmodell* zu generieren.

Zur Aufgabenentwicklung wurden verschiedene Quellen herangezogen. Aufgrund der Domänenspezifität des FW (Baumert et al., 2000) – und damit auch der Tests desselben – war es nicht möglich, entsprechende Aufgaben und Items aus bereits bestehenden FW-Tests von beispielsweise Riese (2009), Gramzow (2015) oder Woitkowski (2015) zu übernehmen, da diese alle der Thematik „Mechanik“ zugeordnet sind.

Sämtliche Aufgaben wurden daher in Bezug auf die Stationen des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“ (*Umweltradioaktivität* und *Eigenschaften ionisierender Strahlung*) auf Basis des zugrundeliegenden Itemmodells (Abb. 27b) neu entwickelt. Die Aufgaben orientieren sich jedoch an denen der oben genannten Quellen.

Der Test des Fachwissens besteht aus 34 Items im Single-Choice-, Multiple-Choice- und Kurzantwort-Format (+ Kodiermanual). Tab. 8 zeigt die Zuordnung der Items auf die Fach- und Komplexitätsstufen des Itementwicklungsmodells.

Anschließend wurden die Aufgaben Experten der Arbeitsgruppe Physikdidaktik an der TU Dresden vorgelegt und auf Basis der kritischen Anmerkungen entsprechend überarbeitet und angepasst. Eine weitere Anpassung und Verbesserung der Testaufgaben konnte durch den probeweisen Einsatz des Tests an einer kleinen Gruppe von Physik-Lehramtsstudenten der TU Dresden vorgenommen werden (nähere Beschreibung in Kapitel 7 – Pilotierung).

Die Aufgaben des Tests und das Kodiermanual finden sich in Anhang A.

Tab. 8: Zuordnung der Items des Fachwissenstests auf die Dimensionen *Fachstufen* und *Komplexität* des Itementwicklungsmodells für das Fachwissen (Abb. 27b).

	REPRODUZIEREN	VERSTEHEN	ANALYSIEREN	SUMME
Schulwissen	2	4	3	9
vertieftes Schulwissen	4	2	2	8
Experimentiertagswissen	2	4	2	8
universitäres Wissen	2	4	3	9
SUMME	10	14	10	34

Pro Item gibt es genau einen Punkt. Die vollständige Itemsammlung inkl. Kodiermanual findet sich in [Anhang A](#).

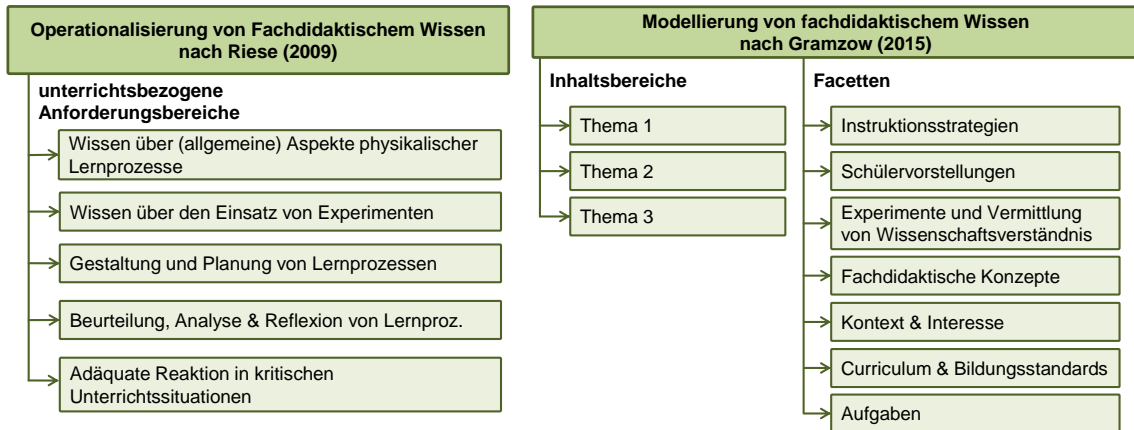
Test von fachdidaktischem Wissen

Wie schon für das Fachwissen existieren auch für das fachdidaktische Wissen (FDW) mehrere Modellierungen (vgl. [Abb. 28a](#) und [28b](#)). Die einzelnen *Facetten* bzw. *unterrichtsbezogenen Anforderungsbereiche* sind bei den Autoren näher beschrieben (Gramzow, 2015; Riese, 2009). Die Aufgabensammlung und -entwicklung des Tests von FDW erfolgt auf Grundlage des für diese Studie adaptierten Modells.

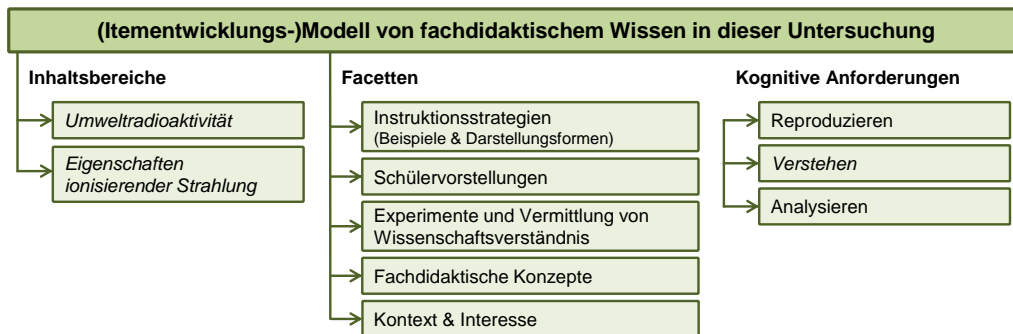
Dieses Modell für das FDW ist in [Abb. 28c](#) dargestellt und orientiert sich stark an dem Modell nach Gramzow (2015) bzw. Gramzow, Riese und Reinhold (2013). Die *Inhaltsbereiche* konnten wie beim *Fachwissenstest* direkt auf die Inhalte der beiden Stationen des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“ (Umweltradioaktivität und ionisierende Strahlung) bezogen werden. Die *Facetten* wurden zum Großteil von der Modellierung nach Gramzow et al. (2013) übernommen (vgl. [Abb. 28b](#)). Nur *Curriculum und Bildungsstandards*, sowie *Aufgaben* wurden nicht in die Modellierung von FDW für diese Studie einbezogen, da diese beiden Facetten im Kontext Schülerlabor vergleichsweise wenig Bedeutung zukommt und auch für die Aufgabenentwicklung des FDW-Tests keine Rolle spielen.

Analog zum FW-Test wurde für die gleichzeitige Verwendbarkeit als *Itementwicklungsmodell* eine weitere Teildimension integriert: Die in [Abb. 28c](#) zu sehende Teildimension *Kognitive Anforderungen* soll sicherstellen, dass Aufgaben unterschiedlicher Schwierigkeit erstellt werden können. Dafür wurde analog zum FW-Test dieselbe Einteilung verwendet (welche ebenfalls an das Itementwicklungsmodell von Gramzow (2015) angelehnt ist): *Reproduzieren, Verstehen und Analysieren*. Um zu verdeutlichen, dass diese Teildimension keine eigentliche *Dimension* im Modell des FDW darstellt, sondern primär vor dem Hintergrund der vielfältigen Aufgabenerstellung für einen FDW-Test integriert wurde, fehlt auch hier die direkte Verbindung in Form von Pfeilen im Modell ([Abb. 28c](#)). Die Anpassungen im Modell dieser Untersuchung sind wie beim FW-Test in der Abbildung *kursiv* dargestellt.

Zur Aufgabenentwicklung wurden verschiedene Quellen herangezogen. Einige Aufgaben ließen sich direkt aus den von Riese (2009) und Gramzow (2015) entwickelten FDW-Tests entnehmen und ggf. in Bezug auf die Inhaltsbereiche „Umweltradioaktivität“ und „Eigenschaften ionisierender Strahlung“ adaptieren.



(a) Operationalisierung von fachdidaktischem Wissen nach Riese (2009). (b) Modellierung von fachdidaktischem Wissen nach Gramzow (2015).



(c) Für diese Studie adaptiertes (Itementwicklungs-)Modell für den Test des fachdidaktischen Wissens.

Abb. 28: Modellierung von fachdidaktischem Wissen. Die Teildimension *Kognitive Anforderungen* stellt keine eigene Dimension der Modellierung dar (kein Pfeil in den Abbildungen), sondern wurde analog zu Gramzow (2015) integriert, um aus dem Modell ein *Itementwicklungsmodell* zu generieren.

Tab. 9: Zuordnung der Items des Tests für fachdidaktisches Wissen auf die *Facetten* und *kognitiven Anforderungsstufen* des Itementwicklungsmodells für das fachdidaktische Wissen (Abb. 28c).

	REPRODUZIEREN	VERSTEHEN	ANALYSIEREN	SUMME
Instruktionsstrategien	1 (3)	1 (4)	1 (2)	3 (9)
Darstellungsformen	1 (2)	2 (4)	1 (2)	4 (8)
Fachdidaktische Konzepte	2 (7)	2 (5)	1 (1)	5 (13)
Experimente	1 (2)	2 (4)	1 (1)	4 (7)
Kontext und Interesse	1 (3)	1 (3)	1 (1)	3 (7)
SUMME	6 (17)	8 (20)	5 (7)	19 (44)

Die erreichbaren Punkte der Aufgaben stehen in Klammern. Die vollständige Itemsammlung inkl. Kodiermanual findet sich in [Anhang A](#).

Andere Aufgaben wurden auf Grundlage passender Quellen, eigener Erfahrungen im Schülerlabor DeltaX und Gesprächen mit dem Schülerlaborpersonal entworfen und übernommen, sofern die Passung mit dem zu Grunde liegenden Itemmodell (Abb. 28c) gegeben war.

Der Test des fachdidaktischen Wissens enthält 19 Items im Single-Choice-, Multiple-Choice- und Kurzantwort-Format (+ Kodiermanual). Tab. 9 zeigt die Zuordnung der Items auf die Facetten und Anforderungsstufen des Itementwicklungsmodells.

Anschließend wurden auch diese Aufgaben Experten der Arbeitsgruppe Physikdidaktik an der TU Dresden vorgelegt und auf Basis der kritischen Anmerkungen entsprechend überarbeitet und angepasst. Eine weitere Anpassung und Verbesserung der Testaufgaben konnte durch den probeweisen Einsatz des Tests an einer kleinen Gruppe von Physik-Lehramtsstudenten der TU Dresden vorgenommen werden (nähere Beschreibung in Kapitel 7 – Pilotierung).

Die Aufgaben des Tests und das Kodiermanual finden sich in Anhang A.

Test von pädagogischem Wissen

Die Modellierung von pädagogischem Wissen (PW) nach Baumert und Kunter (2006) ist in Abb. 29a zu sehen. Für den Test für Betreuende im Schülerlabor könnte diese Modellierung jedoch nur eingeschränkt genutzt werden, da z.B. eine Überprüfung der Dimension *Bildungswissenschaftliches Wissen* wenig sinnvoll im Kontext dieser Untersuchung erscheint. Das *pädagogische Unterrichtswissen* hingegen scheint schon eher von Bedeutung zu sein.

Eine Fokussierung auf ebendiese Facetten des pädagogischen Unterrichtswissens findet sich bei Bauer (2005), der das PW in vier *Schlüsselkategorien* unterteilt (Abb. 29b). Aus diesem Wissen entwickeln sich nach Bauer (2005) sog. *pädagogische Basiskompetenzen*. Auch diese Basiskompetenzen unterteilt der Autor wieder in Schlüsselkategorien. Diese Schlüsselkategorien enthalten direkt auf die Unterrichtspraxis bezogene fach-unabhängige Kompetenzen – von denen anzunehmen ist, dass diese auch im Kontext Schülerlabor von Bedeutung sind.

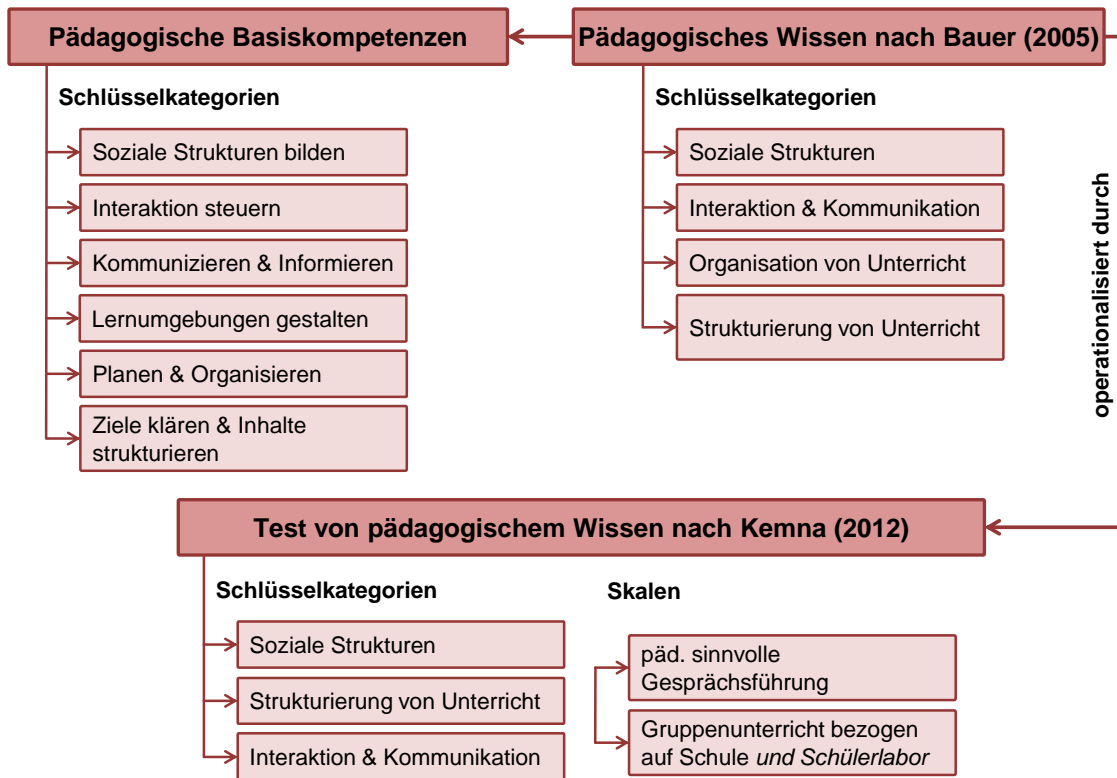
Aus diesem Grund orientiert sich auch die Testkonstruktion für das PW an der Konzeptionalisierung nach Bauer (2005). Hier konnte auf die Ergebnisse der Dissertation von Kemna (2012) zurückgegriffen werden, in dessen Rahmen ein Test von PW auf Grundlage der Modellierung nach Bauer (2005) entwickelt wurde (Abb. 29b). Dieser Test hat die Zielstellung, die pädagogischen Basiskompetenzen von Lehrerinnen und Lehrern zu messen und fokussiert auf die Schlüsselkategorien *Soziale Strukturen, Strukturierung von Unterricht und Interaktion und Kommunikation*.

Für den Test des PW konnten von Kemna (2012) insgesamt 32 Items im Single-Choice-Format übernommen werden, die der Autor konstruiert, evaluiert und revidiert hat. Diese prüfen in Form von (*schriftlichen*) *Vignetten*⁸, inwieweit das

⁸ Vignetten sind kurze Szenarien (in Text- oder Videoform), die Probanden präsentiert werden. In diesen Vignetten können z.B. bestimmte Unterrichtssituationen oder Dilemmata dargestellt werden. Die Reaktion der Probanden auf diese Situationen werden anschließend ausgewertet.



(a) Modellierung von pädagogischem Wissen nach Baumert und Kunter (2006).



(b) Die Schlüsselkategorien pädagogischen Wissens und pädagogischer Basiskompetenzen nach Bauer (2005) und die Operationalisierung für die Testentwicklung nach Kemna (2012).

Abb. 29: Modellierung von pädagogischem Wissen und Testentwicklung.

anwendungsbezogene Wissen für eine *pädagogisch sinnvolle Gesprächsführung* ausgebildet ist (22 Items) und inwieweit es für die erfolgreiche Durchführung von *Gruppenunterricht* (sowie im Unterricht, als auch im Schülerlabor) ausgebildet ist (10 Items). Beide Aufgabenteile stammen vollständig aus den Testinstrumenten von Kemna (2012) und wurden im Hinblick auf den Kontext Schülerlabor modifiziert und auch in der Wortwahl leicht geändert. Eine Übersicht der Items des PW-Tests findet sich in in [Tab. 10](#).

Für die vollständige Itemsammlung inkl. Kodiermanual wird auf [Anhang A](#) verwiesen.

Tab. 10: Zuordnung der Items des Tests für pädagogisches Wissen auf die beiden *Testteile* und *Itemschwierigkeiten* nach Kemna (2012).

	SEHR LEICHT	LEICHT	MITTEL- SCHWER	SCHWER	SUMME
pädagogisches Gesprächswissen	1	4	12	5	22
Wissen für Gruppenbetreuung	0	2	4	4	10
SUMME	1	6	16	9	32

Pro Item gibt es genau einen Punkt. Die vollständige Itemsammlung inkl. Kodiermanual findet sich in [Anhang A](#).

5.3.2 Fragebogen für Betreuende

Das Modell professioneller Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006) ([Abb. 12](#) auf [Seite 40](#)) enthält neben dem Professionswissen als Kern der Professionalität 3 weitere Aspekte:

1. Überzeugungen und Werthaltungen,
2. motivationale Orientierungen und
3. Fähigkeiten professioneller Selbstregulation.

Die Ausprägung dieser drei Aspekte, sowie die demografischen Daten der Betreuenden sollen ebenfalls im Rahmen eines Fragebogens (gleichzeitig ausgehändigt mit den Wissenstests) in die Untersuchung einfließen. Dafür konnte auf bereits existierende Skalen zurückgegriffen werden. Alle Skalen sind als 5-stufige Likert-Skalen⁹ in die Untersuchung eingebunden. Im Folgenden sind die Skalen des Fragebogens näher beschrieben. Die vollständige Itemsammlung des Fragebogens für Betreuende findet sich in [Anhang A](#).

ÜBERZEUGUNGEN & WERTHALTUNGEN Baumert und Kunter (2006) subsumieren die vier Facetten *Wertbindungen / Professionsmoral*, *epistemologische Überzeugungen (Beliefs)*, *subjektive Theorien über das Lehren und Lernen*, sowie *Zielpräferenzen für Unterricht und Curriculum* zu den Werthaltungen und Überzeugungen von Lehrkräften. Mit Ausnahme der letztgenannten enthält der Fragebogen für genau diese Facetten entsprechende Skalen ([Abb. 30](#)). Alle Skalen konnten von Riese (2009) übernommen werden. Einige Items wurden in ihrer Formulierung angepasst; zudem wurden wenige Items neu entwickelt und hinzugenommen.

MOTIVATIONALE ORIENTIERUNGEN Nach Baumert und Kunter (2006) gehören zu den motivationalen Orientierungen von Lehrkräften zwei Facetten: die *Selbstwirksamkeitserwartung* und die (*intrinsische*) *Motivation bzw. der Enthusiasmus*.

⁹ Bei einer *Likert-Skala* (entwickelt von Rensis Likert in den 1930er Jahren) werden mehrere gleichwertige Aussagen zu einer Skala zusammengefasst, um so persönliche Einstellungen oder Eigenschaften zu messen. Für jede Aussage entscheiden die Probanden anhand einer vorgegebenen mehrstufigen Antwortskala, inwiefern sie der Aussage zustimmen oder sie ablehnen (vgl. Kuckartz, Rädiker, Ebert & Schehl, 2013).

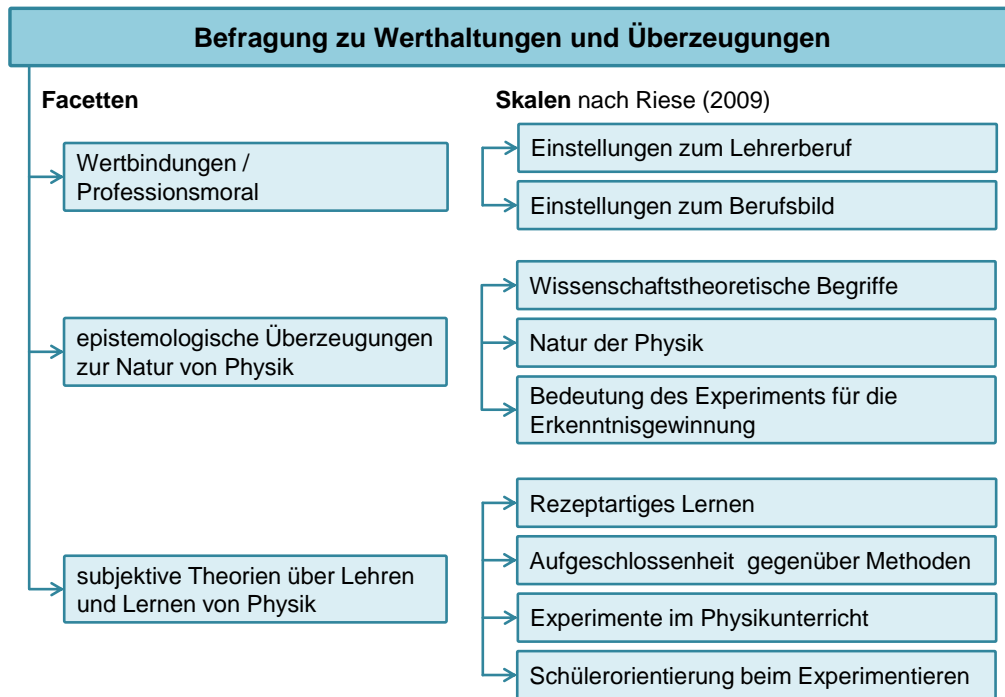


Abb. 30: Skalen der Befragung von Betreuenden zu Überzeugungen und Werthaltungen.

Die Ausprägung dieser Facetten wird in Form von Skalen im Fragebogen erhoben (Abb. 31). Die Skalen zur Selbstwirksamkeitserwartung und zum Fach-Enthusiasmus konnten von Riese (2009) mit einigen Anpassungen und Änderungen übernommen werden. Die Lehrmotivation wird über vier aus dem Englischen übersetzte (Sub)-Skalen von Roth, Assor, Kanat-Maymon und Kaplan (2007) erhoben.

SELBSTREGULATIVE FÄHIGKEITEN Baumert und Kunter (2006) identifizieren *Arbeitsengagement*, *Distanzierungsfähigkeit*, sowie *berufsbegleitende Emotionen* als Primärfaktoren von selbstregulativen Fähigkeiten von Lehrkräften (Abb. 32a). Erhoben werden in in dieser Untersuchung die Fähigkeiten zur Selbstregulation über die in Abb. 32b zu sehenden Skala, die von Schwarzer (1999) mit leichten Anpassungen übernommen werden konnte. Ergänzt wird die Erhebung der selbstregulativen Fähigkeiten durch die Skala *proaktive Einstellung* von Schwarzer und Schmitz (1999), welche die proaktive Einstellung von Personen misst. Proaktiv heißt dabei, „dass man kontinuierlich nach einer Veränderung seiner selbst und seiner Umwelt strebt. Man bemüht sich auch um die Lösung solcher Probleme, die man nicht selbst verursacht hat“ (Schwarzer & Schmitz, 1999, S. 87).

ERFASSUNG DEMOGRAFISCHER DATEN Um die an dieser Studie teilnehmenden Betreuenden im Schülerlabor DeltaX besser klassifizieren zu können, ist es nötig, neben den oben angeführten Wissenstests und Skalen, auch demografische Daten der Betreuenden zu erfassen.

Neben Alter und Geschlecht werden im Fragebogen auch Daten zur Schulzeit, zu Studium bzw. Beruf, zu Lehrerfahrungen und Erfahrungen im Schülerlabor DeltaX, sowie Erfahrungen im Umgang mit Kindern und Jugendlichen erhoben.

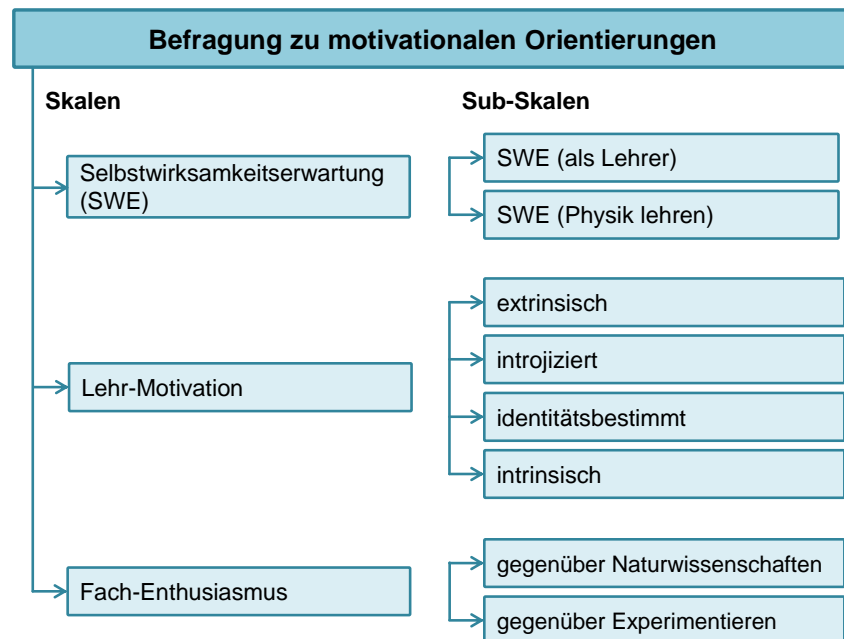
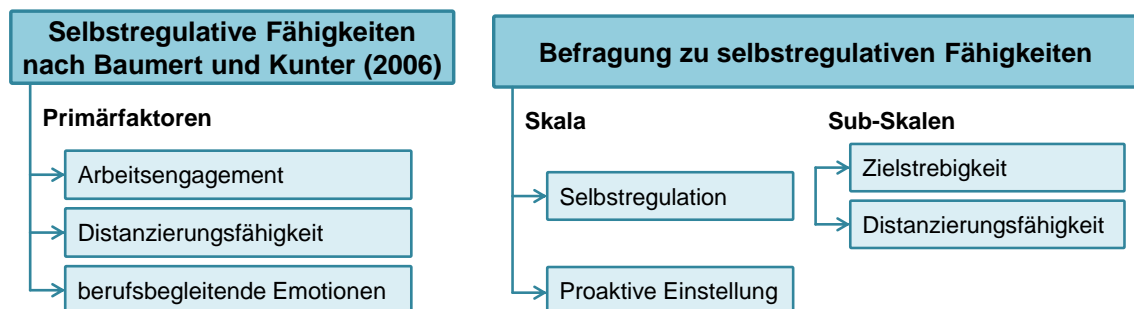


Abb. 31: Skalen der Befragung von Betreuenden zu motivationalen Orientierungen.



- (a) Primärfaktoren selbstregulativer Fähigkeiten von Lehrkräften nach Baumert und Kunter (2006). (b) Skalen der Befragung von Betreuenden zu selbstregulativen Fähigkeiten.

Abb. 32: Befragung von Betreuenden zu selbstregulativen Fähigkeiten.

5.3.3 Zeitpunkt T₁ & T₂: Fragebogen für Lernende

Für die Fragebogenerhebung im Pre-Post-Design erfolgte die Skalenzusammenstellung und ggf. Itemkonstruktion auf Basis bisheriger Untersuchungen in den Bereichen Schülerlabor und Unterrichtsforschung. Erhoben werden im Einklang mit dem Untersuchungsmodell dieser Studie (Abb. 18 auf Seite 65) die von den Lernenden wahrgenommene *Qualität des Experimentiertages* und die *Zielvariablen des Schülerlabors*.

Tab. 11 gibt einen Überblick über die Konstrukte und Facetten, die durch 5-stufige Likert-Skalen an zwei Zeitpunkten erhoben werden: direkt vor Beginn des Experimentiertags (T₁) und unmittelbar im Anschluss daran (T₂). Die Itemanzahl bezieht sich auf die Anzahl der Items zum Zeitpunkt der Skalenzusammenstellung. Diese Anzahl wurde im Zuge der Pilotierung (Kapitel 7) erheblich reduziert. Konstrukte und Facetten, die in dieser Übersicht in Klammern (✓) angegeben sind, wurden nach der Pilotierung entfernt.

Für eine ausführliche Übersicht der eingesetzten Items und der Fragebögen wird auf Anhang B verwiesen.

Tab. 11: Überblick über die in dem Fragebogen für Lernende erhobenen Konstrukte und Facetten zu den Zeitpunkten T₁ und T₂.

KONSTRUKTE & FACETTEN		T ₁	T ₂	ITEMS	QUELLE
WAHRGENOMMENE QUALITÄT DER BETREUUNG					
Kognitive Aktivierung		-	✓	6	Helmke et al. (2016), Lenske (2016), Seidel, Prenzel, Duit und Lehrke (2004); sowie 1 eigenes Item
Konstruktive Unterstützung		-	✓	4	Helmke et al. (2016), Seidel et al. (2004)
Lernförderliches Klima		-	✓	3	Helmke et al. (2015a, 2016), Lenske (2016)
Klarheit		-	✓	4	Helmke et al. (2007), Seidel et al. (2004); sowie 2 eigene Items
Engagement zu kommunizieren	Allgemein	-	(✓)	6	Helmke et al. (2007), Seidel et al. (2004); sowie 2 eigene Items
—	bezogen auf Berufsfelder und Naturwissenschaften	-	(✓)	5	Leist, Töpfer, Bardowiecks, Pietsch und Tosana (2010); sowie 4 eigene Items

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 11: (Fortsetzung)

KONSTRUKTE & FACETTEN		T1	T2	#	QUELLE
Kommunikation		-	✓	4	Helmke et al. (2016), Weißnigk (2013); sowie 4 eigene Items
Wahrnehmung des Betreuers	Betreuer-Schüler-Beziehung	-	✓	6	nach Ditton (2001) und Thies (2002) von Kemna (2012) zusammengestellt und modifiziert
—	wahrgenommene soziale Kompetenzen	-	✓	4	eigene Items, orientiert am „Inventar sozialer Kompetenzen“ nach Kanning (2009)
ZIELVARIABLEN DES SCHÜLERLABORS					
Basic Needs	Autonomieerleben	-	✓	4	Basic Psychological Needs Scales von Orion, Hofstein,
—	Kompetenzerleben	-	✓	4	Tami und Giddings (1997),
—	Soziale Eingebundenheit	-	✓	4	übersetzt von Weißnigk (2013); teilweise modifiziert
Dispositionales Interesse	Sachinteresse Naturwissenschaften	✓	✓	4	Pawek (2009) nach Engeln (2004)
—	Sachinteresse Physik	✓	✓	4	Glowinski (2007); modifiziert von Weißnigk (2013)
—	Fachinteresse Physik	✓	✓	4	Engeln (2004); modifiziert von Weißnigk (2013)
Aktuelles Interesse	Emotionale Komponente	-	✓	3	Pawek (2009) nach Engeln (2004); modifiziert von
—	Wertebezogene Komponente	-	✓	3	Streller (2015)
—	Epistemische Komponente	-	✓	4	
Image	Unterrichtsfach Physik	✓	✓	4	Stahl und Bromme (2007); modifiziert von Weißnigk (2013)
—	Wissenschaft Physik	✓	✓	4	
Selbstwirksamkeitserwartung (SWE)	Fähigkeitsselbstkonzept Physik	(✓)	(✓)	9	Hoffmann et al. (1998); modifiziert von Weißnigk (2013)

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 11: (Fortsetzung)

KONSTRUKTE & FACETTEN		T1	T2	#	QUELLE
—	SWE Physik	✓	✓	4	Jerusalem und Satow (1999); modifiziert
—	SWE beim Experimentieren	✓	✓	4	eigene Items, orientiert an Jerusalem und Satow (1999)
—	SWE für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen	✓	✓	8	Weßnigk (2013); gekürzt
Berufsorientierung	Einstellung zum naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz	✓	✓	3	Weßnigk (2013)
—	Favorisierte Berufsfelder	✓	✓	8	Streller (2015); übersetzt
Bilanz	Erwartungen / Spaß	✓	✓	3	eigene Items
—	wahrgenommener Lernzuwachs	-	✓	4	Weßnigk (2013)
—	wahrgenommene Bedeutung für den Alltag	-	✓	3	Pawek (2009), nach Engeln (2004)
—	Einblick in die Forschung	-	✓	3	Pawek (2009), nach Engeln (2004)
SCHÜLERMERKMALE UND SONSTIGE SKALEN					
demografische Daten	Alter und Geschlecht / Klassenstufe und Schulart	✓	-	6	eigene Items
Leistung	Noten in Physik	✓	-	2	eigene Items
—	Leistungsbereitschaft	✓	✓	2	eigene Items
Interessentyp	Favorisierte Berufsfelder	✓	✓	X	(gleiche Skala wie oben)
—	Lieblingsfächer	✓	-	8	Streller (2015); übersetzt

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 11: (Fortsetzung)

KONSTRUKTE & FACETTEN		T1	T2	#	QUELLE
Beliefs zu Radioaktivität und Strahlung	Argumentationsfähigkeit	✓	✓	3	eigene Items
—	Fehlvorstellungen	✓	✓	5	eigene Items
—	Interesse an Radioaktivität	✓	✓	4	eigene Items
—	Angst vor Strahlung	✓	✓	3	eigene Items
—	Irrationale Angst / Abneigung gegenüber Radioaktivität	✓	✓	3	eigene Items

Ende der Tabelle

Anmerkung: Konstrukte und Facetten, die in dieser Übersicht in Klammern (✓) angegeben sind, wurden nach der Pilotierung entfernt.

5.3.4 Zeitpunkt T2: Ratingbogen zur Erfassung der Betreuungsqualität

Durch den Ratingbogen soll die Betreuungsqualität erfasst werden. In diesem Rating beurteilt ein unabhängiger Beobachter die Ausprägung derselben Qualitätsmerkmale, die auch im Fragebogen für Lernende durch Likert-Skalen erhoben werden (vgl. Tab. 11). So kann verglichen werden, inwiefern die *wahrgenommene* Qualität des Experimentiertags mit der *beobachteten* Qualität übereinstimmt. Dies ist insbesondere interessant, da sich die Items in dem Ratingbogen und im Fragebogen für die gleichen Qualitätsmerkmale inhaltlich unterscheiden.

Der Experimentiertag wird von einer Person beobachtet und nicht aufgezeichnet – das Rating findet *live* statt. Eine Übersicht über die im Ratingbogen enthaltenen Items ist in Tab. 12 gegeben.

ANMERKUNG Dies dient hauptsächlich der Validierung des Fragebogens, da für das Live-Rating keine *Interrater* zur Verfügung standen und daher auch der Ratingbogen nur bei einem Bruchteil der Experimentiertage zum Einsatz kam.

AUFBAU UND EINSATZ Insgesamt konnten 27 Items aus etablierten Instrumenten der Unterrichtsdiagnostik – u.a. Helmke et al. (2016), Helmke et al. (2007), Leist et al. (2010), Seidel et al. (2004) – entnommen und ggf. angepasst oder geändert werden. Einige wenige Items wurden auf Basis des Fragebogens neu

Tab. 12: Überblick über die im Ratingbogen enthaltenen Items.

QUALITÄTSMERKMAL	ITEMS	QUALITÄTSMERKMAL	ITEMS
Kognitive Aktivierung	5	Konstruktive Unterstützung	5
Lernförderliches Klima	5	Klarheit	5
Kommunikationsengagement	4	Kommunikation	3
Σ			27

Positiver Umgang mit Fehlern	
Der Betreuer thematisiert Fehler in konstruktiver Weise (ohne abzuwerten) und nutzt Fehler um Zusammenhänge zu verdeutlichen.	aus Helmke et al. (2007)
Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)	
<ul style="list-style-type: none"> → Trifft zu: konstruktiver (den Lernprozess anregender und unterstützender), motivierender (die Lernbereitschaft anregender) Umgang mit Fehlern → Trifft eher zu: wohlwollender oder zumindest affektiv neutraler Umgang mit Fehlern, Vorkommen von Fehlern wird akzeptiert, Fehler werden aber nicht konstruktiv genutzt → Trifft eher nicht zu: gelegentliche Anzeichen für negativen Umgang mit Fehlern → Trifft nicht zu: Häufig negativer Umgang mit Fehlern; abschätzige Behandlung von Fehlern; reagiert tadelnd auf Fehler 	
Hinweise:	
<ul style="list-style-type: none"> – Es ist darauf zu achten, wie der Betreuer vorgeht, wenn auf Fehler eingegangen wird. 	

Abb. 33: Kodierung eines Items des Ratingbogens für das Qualitätsmerkmal *Konstruktive Unterstützung* (positiver Umgang mit Fehlern; Anhang C1).

entwickelt. Sämtliche Items unterscheiden vier Ausprägungen (*trifft nicht zu, trifft eher nicht zu, trifft eher zu, trifft zu*), die in einem *Kodiermanual* näher beschrieben sind. Die vollständige Itemsammlung inkl. *Kodiermanual* findet sich in [Anhang C](#). [Abb. 33](#) zeigt ein Beispiel für das Rating eines Items.

Aus zeitökonomischen Gründen ist es erstrebenswert, den Ratingbogen so einzusetzen, dass nicht der gesamte Experimentiertag beobachtet werden muss. Ein genauer Blick auf die beiden Stationen des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“ zeigt, dass eine Beobachtung aller Phasen beider Stationen auch unsinnig ist, da viele Phasen relativ fest vorgegeben sind und so dem Betreuenden wenig eigenen Spielraum lassen (vgl. die Beschreibung des Experimentiertags in [Abschnitt 5.1](#)). Daher werden nur diejenigen Phasen beobachtet, die den Betreuenden zum einen viel eigenen Spielraum lassen und zum anderen auch *repräsentativ* für den Tag sind. Aus diesem Grund beschränkt sich der Einsatz des Ratingbogens auf die [Abb. 34](#) hervorgehobenen Phasen des Experimentiertags.

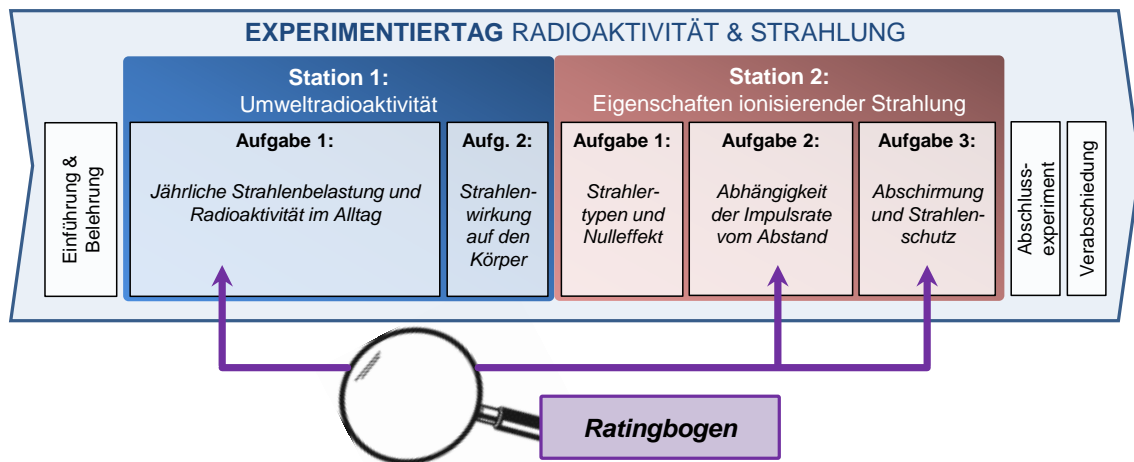


Abb. 34: Einsatz des Ratingbogens am Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“.

SEQUENZIERUNG Bei der Beobachtung ist es nicht sinnvoll, in jeder Sequenz bzw. Phase des Experimentiertags auch jedes Item durch das Rating zu erheben. So ist es beispielsweise unsinnig, die *sprachliche Prägnanz des Betreuenden* während der Arbeitsphase der Lernenden zu beurteilen, da hier die Schüler selbstständig arbeiten. Aus diesem Grund erfolgte die Einteilung der Items auf insgesamt drei Sequenzen, in denen jeweils ein Teil der Items erhoben werden (vgl. [Anhang C](#)):

1. *Initierung*: Gegenseitige Vorstellung, heranzuführen an das Thema und Aufgabenformulierung (beinhaltet Gruppendiskussion zur jährlichen Strahlenbelastung in Deutschland, die Messung des Nulleffekts und die Aufgabenstellung zur Arbeit mit den Experimentierkoffern).
2. *Arbeitsphase*: Bearbeitung der Expertenthemen mithilfe der Experimentierkoffer in Partnerarbeit.
3. *Auswertung*: Gemeinsame Auswertung der Ergebnisse der Partnerarbeit (beinhaltet die Zusammenstellung und Einordnung der Ergebnisse).

Die vollständige Übersicht der Items des Ratingbogens, der Zuordnung auf die einzelnen Sequenzen, sowie das Kodiermanual befindet sich in [Anhang C](#).

5.4 PRÜF- UND AUSWERTUNGSMETHODEN

Es ist erforderlich, die Eignung der Erhebungsinstrumente für den jeweiligen Zweck zu prüfen. Dafür müssen bestimmte Gütekriterien erfüllt sein und die methodische Bearbeitung geklärt werden. Des Weiteren müssen für die Überprüfung der Hypothesen und die Beantwortung der Forschungsfrage passende Auswertungsmethoden gewählt werden.

Nicht zuletzt auch aus Gründen der Lesbarkeit und zur Wahrung der Übersichtlichkeit ist es daher an dieser Stelle sinnvoll, die Hypothesen und die Forschungsfrage der Untersuchung ihrer jeweiligen *Prüf- und Auswertungsmethode* gegenüberzustellen. Auf dieser Grundlage lassen sich im anschließenden **Kapitel 6** dann die Gütekriterien, die Methoden zur Prüfung dieser Kriterien sowie die statistischen Analyseverfahren sinnvoll zusammenstellen.

Um auf eine erneute Auflistung aller Hypothesen und Forschungsfragen der Untersuchung (siehe dazu **Kapitel 4**) zu verzichten, erfolgt in **Tab. 13** die Zuordnung der Auswertungsmethoden auf die inhaltlich zusammengefassten Hypothesen und Forschungsfragen:

Tab. 13: Überblick der Prüf- und Auswertungsmethoden

INHALT	METHODE
<i>Fragen bzgl. der Erhebungsinstrumente (Pilotierung; siehe Kapitel 7)</i>	
- Genügen die Skalen den Gütekriterien ?	- Item- und Skalenanalysen
- Stimmt das Rating der Betreuungsqualität mit der von den Lernenden wahrgenommenen Betreuungsqualität überein?	- Korrelations- und Regressionsanalyse
- Inwiefern sind die Skalen und Ergebnisse des Fragebogens übertragbar?	- Kreuzvalidierung der Skalen zu Qualitätsmerkmalen mit den Skalen des WIHIC-Fragebogens
<i>FFo: (Vor-)Forschungsfrage (Subgruppen und Typisierungen)</i>	
- Welche Subgruppen enthält die Stichprobe?	- Analyse von Rahmenmerkmalen (Alter und Geschlecht / Klassenstufe und Schulart / ...) zur Bildung von sinnvollen Subgruppen der Stichprobe
- Welche Schülertypen (Interessentypen) können identifiziert werden?	- (Schüler-)Typenbildung mittels Latenter Klassenanalyse (mit favorisierten Berufsfeldern und Lieblingsfächern)
- Welche Betreuertypen können identifiziert werden?	- (Betreuer-)Typenbildung mittels demografischer Daten und den Ergebnissen der Professionswissenstests

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 13: (Fortsetzung)

INHALT	METHODE
<i>H1-H5: Hypothesen zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - Wirkung des Schülerlaborbesuchs auf aktuelles und dispositionales Interesse, Selbstwirksamkeitserwartung, Image, Leistungsbereitschaft und Einstellung zu Wissenschaft und Forschung (H1-H4) - Wirkung des Schülerlaborbesuchs auf Einstellungen und Vorstellungen zu Radioaktivität und Strahlung (H5) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pre-Post-Vergleich durch Signifikanztests und Angabe von Effektstärken getrennt betrachtet für verschiedene Subgruppen und Schülertypen - Analyse von Einzelitems, z.B. durch Boxplots oder Betrachtung der Antwortverteilung
<i>FFabc: Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit des Laborbesuchen</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - Zusammenspiel von Zielvariablen von Schülerlaboren, der von Lernenden wahrgenommenen Qualität der Betreuung und der prof. Handlungskompetenz von Betreuenden 	<ul style="list-style-type: none"> - Vorauswahl von zu untersuchenden Zusammenhängen - jeweils separate Mehrebenenanalysen der Teilfragestellungen (FFa, FFb & FFc) - Strukturgleichungsmodellierung
<i>Ende der Tabelle</i>	

Auf Grundlage dieser Überlegungen erfolgt nun im folgenden **Kapitel 6** die Darlegung aller benötigten und in dieser Untersuchung eingesetzten statistischer Analyseverfahren.

STATISTISCHE ANALYSEVERFAHREN

In diesem Kapitel sollen die zur Beantwortung der Forschungsfragen nötigen und in dieser Untersuchung verwendeten statistischen Analyseverfahren erläutert werden. Es werden allgemeine Gütekriterien angeführt ([Abschnitt 6.1](#)), wichtige Item- und Skalenwerte erläutert ([Abschnitt 6.2](#)) und dargelegt, wie die Skalengüte geprüft werden kann ([Abschnitt 6.3](#)). Es wird die Latente Klassenanalyse erläutert ([Abschnitt 6.4](#)), sowie die hier verwendeten Methoden der Zusammenhangs- und Unterschiedsuntersuchungen herausgearbeitet ([Abschnitt 6.5 & 6.8](#)). Besondere Bedeutung kommt der für die Forschungsfrage dieser Studie (FF) zentralen Auswertungsmethode der Mehrebenenanalyse und der Strukturgleichungsmodellierung zu ([Abschnitt 6.6 & 6.7](#)).

6.1 GÜTEKRITERIEN

Fischer und Krabbe (2015) führen insgesamt *vier allgemeine Gütekriterien der Glaubwürdigkeit empirischer Untersuchungen* an:

1. Objektivität,
2. Reliabilität,
3. Validität,
4. Signifikanz (und Relevanz).

Diese Gütekriterien werden im Folgenden näher erläutert (Fischer & Krabbe, 2015; Moosbrugger & Keleva, 2012). Bemerkungen zur Prüfung der Kriterien in Bezug auf die in dieser Untersuchung eingesetzten Skalen finden sich in [Abschnitt 6.3](#).

OBJEKTIVITÄT Unter *Objektivität* wird die Minimierung subjektiver Einflüsse bei der Erhebung von Daten verstanden. In empirischen Untersuchungen bedeutet dies, dass die Durchführung aller Untersuchungsschritte präzise vorgeschrieben und die Einhaltung der Schritte sichergestellt wird. Dies betrifft nicht nur die Durchführung von Tests oder Interviews, sondern den gesamten Prozess der Datenverarbeitung und Auswertung der Ergebnisse.

RELIABILITÄT Unter *Reliabilität* wird die Verlässlichkeit der erhobenen Daten verstanden. Diese zeigt sich in der internen Konsistenz der Messmethode, sowie der Stabilität der Ergebnisse bei vergleichbaren Erhebungen. In empirischen Untersuchungen wird hierfür häufig die interne Konsistenz als Kriterium quantitativer Messungen (Cronbachs α) bzw. die Urteilerübereinstimmung bei qualitativen Analysen (Inter-Rater-Reliabilität; Cohens κ) herangezogen.

VALIDITÄT Unter *Validität* versteht man die Passung zwischen Design, Messinstrumenten und theoretischen Annahmen. In empirischen Untersuchungen kann

diese Passung oder Belastbarkeit eines theoretischen Modells aus unterschiedlichen Perspektiven beurteilt werden. Fischer und Krabbe (2015) erklären einige mögliche unterschiedliche Bezüge von Validität: Inhaltsvalidität (Passung von Theorie und Erhebung), Augenscheinvalidität (Form der Inhaltsvalidität, scheinbare Anwendbarkeit ohne statistische Überprüfung), Kriteriumsvalidität (Vergleich von Testergebnissen mit ähnlichem Kriterium), Interne Validität (alternative Erklärungen für die Ergebnisse einer Untersuchung können ausgeschlossen werden), Konstruktvalidität (Korrelation mit ähnlichen und unähnlichen Konstrukten) und externe Validität (Generalisierbarkeit der Ergebnisse).

SIGNIFIKANZ Unter *Signifikanz* versteht man einen mehr als zufälligen (überzufälligen) Zusammenhang zwischen erhobenen Variablen. In empirischen Untersuchungen wird vor der Messung (a priori) das Signifikanzniveau (also die Wahrscheinlichkeit, mit der die Nullhypothese fälschlicherweise verworfen werden kann) festgelegt und dann die angenommene Hypothese geprüft.

RELEVANZ Entscheidend für die Einordnung eines Forschungsergebnisses, ist nicht nur die Signifikanz, sondern auch dessen *Relevanz*, die immer in Bezug auf vergleichbare Untersuchungen bewertet werden muss. In empirischen Untersuchungen wird zur Beurteilung der praktischen Relevanz eines Ergebnisses häufig neben dem Signifikanzniveau zusätzlich die *Effektstärke* als standardisiertes Vergleichsmaß angegeben.

6.2 ITEM- UND SKALENWERTE

Die Verteilung von Daten kann in konzentrierter Form gut durch bestimmte Lage- und Streumaße, sowie weitere item- oder skalenbezogene psychometrische Kenngrößen beschrieben werden. Gängige Item- und Skalenwerte sind im Folgenden übersichtlich dargestellt (Bortz & Döring, 2006; Kopp & Lois, 2014; Kuckartz et al., 2013; Moosbrugger & Keleva, 2012; Schäfer, 2016):

Lage- und Streumaße

Als Maß für die zentrale Tendenz kann der **Median**¹⁰ (Zentralwert) oder der **Mittelwert** \bar{x} (das arithmetische Mittel) herangezogen werden:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (1)$$

mit x_i : Ausprägung des Merkmals X für Individuum / Messung i ;
 N : Stichprobengröße.

¹⁰ Der Median oder Zentralwert einer Reihe von Zahlenwerten ist der Wert, der an der mittleren (zentralen) Stelle steht, wenn man die Werte ihrer Größe nach sortiert.

Die **Varianz** s^2 , die **Standardabweichung** s (häufig auch mit **SD** für engl. *Standard Deviation* bezeichnet) und der **Standardfehler des Mittelwerts** SE (von engl. „standard error“) sind Variationsmaße für metrische Variablen:

$$s^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (2a)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{s^2} \equiv SD \quad (2b)$$

$$SE = \frac{s}{\sqrt{N}} \quad (2c)$$

mit x_i : Ausprägung des Merkmals X für Individuum / Messung i ;
 \bar{x} : Mittelwert der Merkmalsausprägungen;
 N : Stichprobengröße.

Die **Schiefe** v (engl. „skewness“) einer Verteilung ist ein Symmetriemaß ($v < 0$: linksschief; $v > 0$: rechtsschief; $v = 0$: symmetrisch):

$$v = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^3}{s} \quad (3)$$

mit x_i : Ausprägung des Merkmals X für Individuum / Messung i ;
 \bar{x} : Mittelwert der Merkmalsausprägungen;
 s : Standardabweichung;
 N : Stichprobengröße.

Die **Wölbung** w (engl. „kurtosis“) und der **Exzess**¹¹ γ einer Verteilung sind Maße für die Steilheit einer Verteilung ($w < 3$ bzw. $\gamma < 0$: flachgipflig; $w > 3$ bzw. $\gamma > 0$: spitzgipflig):

$$w = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^4}{s} \quad (4a)$$

$$\gamma = w - 3 \quad (4b)$$

mit x_i : Ausprägung des Merkmals X für Individuum / Messung i ;
 \bar{x} : Mittelwert der Merkmalsausprägungen;
 s : Standardabweichung;
 N : Stichprobengröße.

¹¹ Die Wölbung w kann besser eingeschätzt werden, wenn sie mit der Wölbung einer Normalverteilung verglichen wird (für die $w = 3$ gilt). Damit wird aus der Wölbung w der Exzess $\gamma = w - 3$.

Psychometrische Kennwerte der klassischen Itemanalyse

Die **Itemschwierigkeit** P entspricht der für dieses Item erreichten Summe der Punkte aller Individuen / Messungen, dividiert durch die maximal erreichbare Punktschritte dieses Items:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{k \cdot N} \quad (5)$$

mit x_i : Punktzahl des Items X für Individuum / Messung i ;

k : maximal erreichbare Punktzahl dieses Items;

N : Stichprobengröße.

Der bevorzugte Bereich von P liegt bei $0.2 \leq P \leq 0.8$ (Bortz & Döring, 2006).

Die **Trennschärfe** bzw. die **Item-Skala-Korrelation** wird durch den *Trennschärfekoeffizient* r_{it} dargestellt und gibt an, inwieweit ein Item repräsentativ bzw. typisch für die Gesamtskala ist (Wertebereich $0 \leq r_{it} \leq 1$):

$$r_{it} = \frac{\text{cov}(V_i, V_t)}{s_i \cdot s_t} \quad (6)$$

mit $\text{cov}(V_i, V_t)$: Kovarianz zwischen Item i und dem korrigierten Gesamtwert der Skala t (Skala ohne Item i);

s_i, s_t : Standardabweichung der Variablen des Items i bzw. der korrigierten Skala t (ohne das Item i).

Ein Trennschärfekoeffizient von < 0.3 wird als *niedrig*, zwischen 0.3 und 0.5 als *mittel* und Trennschärfen ≥ 0.5 als *hoch* bezeichnet. Items mit einem Trennschärfekoeffizienten < 0.2 sollten verworfen werden. (Kopp & Lois, 2014).

Cronbachs α (Alpha) ist ein Reliabilitätsmaß und ist wichtig für die Beurteilung der internen Konsistenz einer Likert-Skala:

$$\alpha = \frac{n \cdot \bar{r}}{1 + \bar{r}(n - 1)} \quad (7)$$

mit \bar{r} : mittlere Interkorrelation (Homogenität) der Items;

n : Anzahl der Items einer Likert-Skala.

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben darüber, welche α -Werte akzeptabel sind, um von einer intern konsistenten Skala ausgehen zu können. Häufig findet sich der Schwellenwert von $\alpha = 0.80$; eine zu starre Orientierung gerade bei wenig Items ist jedoch nicht empfehlenswert (Kopp & Lois, 2014; Schecker, 2014).

6.3 PRÜFUNG DER SKALENGÜTE

6.3.1 Explorative Faktorenanalyse

Die Methode der *explorativen Faktorenanalyse* (EFA) dient der Untersuchung, inwiefern sich beobachtbare Variablen durch wenige dahinterstehende latente Variablen (sog. *Faktoren*) erklären lassen. Explorative Faktorenanalysen werden zur Identifikation einer möglicherweise existierenden Faktorenstruktur herangezogen; sie bieten aber nur unzureichende Möglichkeiten zum exakten Prüfen von Hypothesen (Moosbrugger & Keleva, 2012). Im Folgenden wird die Methode angelehnt an die übersichtliche Darstellung in Werner (2014) in ihren Grundzügen dargelegt:

VORAUSSETZUNGEN Angenommen werden lineare Zusammenhänge zwischen den beobachteten, mindestens annähernd intervallskalierten Variablen (*Items*) und den Faktoren. Des weiteren setzt die Durchführung einer EFA voraus, dass die Variablen hoch genug miteinander korrelieren (Klopp, 2010). Um die die Eignung der Daten diesbezüglich zu prüfen kann das *Kaiser-Meyer-Olkin-Maß* (*KMO*) verwendet werden:

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij,z}^2} \quad \text{wobei } (i \neq j) \quad (8)$$

mit r_{ij} : Korrelationskoeffizient der Variablen i und j ;

$r_{ij,z}$: partieller Korrelationskoeffizient;

n : Anzahl der Variablen.

Das *KMO*-Kriterium gibt also an, in welchem Umfang die Items zusammengehören und inwiefern eine Faktorenanalyse mit den Daten sinnvoll ist. Beurteilt werden können mit dem *KMO* sowohl die Korrelationsmatrix insgesamt als auch einzelne Items; wobei der Wertebereich der Maßzahl zwischen 0 und 1 liegt. Eine Korrelationsmatrix ist für eine Faktorenanalyse ungeeignet, wenn *KMO* unter 0.5 liegt. Wünschenswert sind Werte von 0.8 oder größer¹² (Kopp & Lois, 2014).

VORBETRACHTUNGEN Durch den Einsatz von *Deskriptivstatistiken* (Minima / Maxima, Häufigkeitstabellen) und *Grafiken* (Histogramme und Boxplots) kann man sich einen ersten Überblick über den Datensatz sowie evtl. auftretender Ausreißer verschaffen. Mit der sog. *Korrelationsmatrix* der Variablen sowie *paarweise bivariaten Streudiagrammen* können vermutete Korrelationen zwischen einzelnen Variablen schon im Voraus überprüft werden.

FAKTORENEXTRAKTION Der erste Schritt einer EFA stellt die Bestimmung der *Faktorenanzahl* dar (Faktorextraktion).

Dafür gibt es verschiedene Methoden; die üblichen drei sind *Hauptkomponentenanalyse*, *Hauptachsenanalyse* und die *Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse* (Alternative

¹² $KMO \geq 0.8$: gute Eignung der Daten; $KMO \geq 0.7$: mittlere Eignung der Daten; $KMO \geq 0.6$: mäßige Eignung der Daten (Kaiser & Rice, 1974).

zur Hauptachsenanalyse). Aus verschiedenen Gründen sind insbesondere bei psychologischen Fragestellungen die Methoden der Hauptkomponentenanalyse und der Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse nicht immer empfehlenswert (siehe dazu Werner, 2014, S. 4 f.), sodass in dieser Untersuchung die Faktorenextraktion mittels Hauptachsenanalyse (*engl. Principal Axes Factoring*, kurz PAF) durchgeführt wird. Ziel der PAF ist es, die *gemeinsame* Varianz der Variablen durch Faktoren zu erklären. Dazu muss die *Kommunalität*¹³ der Variablen geschätzt werden. Auf das eigentliche rechnerische Vorgehen der Extraktion soll hier aus Platzgründen verzichtet und auf weiterführende Literatur verwiesen werden (z.B. Kopp & Lois, 2014; Kuckartz et al., 2013; Schäfer, 2016).

Zur Bestimmung der sinnvollen Anzahl zu extrahierender Faktoren, kann (wenn man die Anzahl der Faktoren nicht vorgeben kann) ein sog. *Scree-Plot* herangezogen werden, bei dem die *Eigenwerte*¹⁴ der extrahierbaren Faktoren (rechnerisch die Eigenwerte der Korrelationsmatrix) grafisch dargestellt werden (Eigenwert über Faktornummer, wobei der Eigenwert des ersten Faktors der höchste, der Eigenwert des zweiten Faktors der zweithöchste, usw. ist). Die so entstandene Kurve zeigt nun meist einen deutlichen Knick in der Kurve. Nun extrahiert man alle Faktoren, deren Eigenwerte *vor* diesem Knick liegen, da angenommen wird (was auch statistisch begründet werden kann), dass diese tatsächlich überzufällige Gemeinsamkeiten der Variablen widerspiegeln.

Das *Kaiser-Kriterium* (keine Faktoren extrahieren, deren Eigenwert kleiner 1) sollte dabei nur für Hauptkomponentenanalysen herangezogen werden, da bei Faktorenanalysen der Eigenwert von 1 *nicht zwingend* der zu erklärenden Varianz einer Variablen entspricht (Werner, 2014).

FAKTORENROTATION Anhand der sog. *Faktorladungen* l kann für jede Variable abgeschätzt werden, wie stark eine beobachtete Variable mit einem Faktor korreliert (der Wertebereich liegt zwischen -1 und 1). Eine quadrierte Faktorladung ergibt dann den *Determinationskoeffizienten* l^2 , der dem durch einen Faktor erklärten Varianzanteil der Variablen entspricht. Als akzeptabel gelten Faktorladungen mit einem Wert von $l > 0.5$ (Kopp & Lois, 2014).

Die Interpretation der gefundenen Faktoren ist jedoch inhaltlich nur sehr schwer bis gar nicht möglich, da bei der Extraktion die Faktoren so bestimmt werden, dass der erste Faktor möglichst viel (gemeinsame) Varianz der Variablen erklärt. Daher erfolgt nach *Extraktion* die *Rotation* der Variablen, um diese inhaltlich besser interpretieren zu können. Das Ziel ist eine sog. *Einfachstruktur* (klare Zuordnung der Variablen auf die einzelnen Faktoren), d.h. pro Faktor möglichst hohe oder aber um 0 liegende Ladungen.

Dazu stehen zwei Methodenklassen zur Verfügung:

1. **Orthogonale Rotation** (wenn man davon ausgeht, dass die Faktoren untereinander *nicht korrelieren*) – bei der Rotation bleiben die Faktorachsen *im rechten Winkel* zueinander.

¹³ Den Anteil der gemeinsamen Varianz an der gesamten Varianz einer Variablen bezeichnet man als *Kommunalität* der Variablen. Die Anteile der gemeinsamen und spezifischen Varianz zusammen ergeben entsprechend die *Reliabilität* (Werner, 2014, S. 4).

¹⁴ Der Eigenwert eines Faktors entspricht der von ihm bei allen Variablen zusammen erklärten Varianz (Werner, 2014, S. 6).

- *Varimax-Rotation*: Achsenrotation, sodass sich die Anzahl der Variablen mit hohen multiplen Faktorladungen reduziert. Erleichtert Interpretation der *Faktoren*.
 - *Quartimax-Rotation*: Achsenrotation, sodass jede Variable durch möglichst wenig Faktoren erklärt wird. Erleichtert Interpretation der *Variablen*.
2. **Oblique Rotation** (wenn man davon ausgeht, dass die Faktoren untereinander korrelieren) – bei der Rotation ändert sich der Winkel zwischen den Faktorachsen.
- *direkte Oblimin-Rotation*: Achsenrotation, bei der der Grad der Schiefwinkligkeit vorgegeben werden kann.
 - *Promax-Rotation*: Achsenrotation, bei der der Grad der Schiefwinkligkeit durch ein Iterationsverfahren bestimmt wird.

Da nicht davon auszugehen ist, dass die hier zu untersuchenden psychologischen Konstrukte unkorreliert sind, scheinen oblique Rotationen angemessener zu sein.

MODELLEVALUATION Die Modellpassung der gefundenen Faktorenstruktur kann mit einer Vielzahl an „Goodness-of-Fit“-Werten eingeschätzt werden. In dieser Untersuchung werden die Kenngrößen *Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)* und *Standardized Root Mean Square of the Residuals (SRMR)* verwendet. Die Werte können wie folgt interpretiert werden (Moosbrugger & Keleva, 2012):

- $RMSEA < 0.05$: gute Modellpassung; $0.05 < RMSEA < 0.08$: adäquate/mäßige Modellpassung; $RMSEA > 0.08$: schlechte Modellpassung
- $SRMR < 0.05$: gute Modellpassung; $0.05 < SRMR < 0.10$: adäquate/mäßige Modellpassung; $SRMR > 0.10$: schlechte Modellpassung

6.3.2 Konfirmatorische Faktorenanalyse

Die *konfirmatorische Faktorenanalyse* (kurz. CFA, von engl. „Confirmatory Factor Analysis“) bezeichnet die theoriegeleitete Zuordnung von manifesten Variablen zu latenten Variablen (Faktoren). Im Gegensatz zur explorativen Faktorenanalyse (EFA) erfolgt bei der CFA die Zuordnung der Variablen zu den einzelnen Faktoren *theoriegeleitet* (Moosbrugger & Keleva, 2012) – die CFA ist also ein hypothesenprüfendes Verfahren.

Die Methode ist im Folgenden in ihren Grundzügen angelehnt an Moosbrugger und Keleva (2012) dargelegt:

MODELLSPEZIFIKATION Im Gegensatz zur EFA wird bereits im Vorfeld festgelegt, wie viele Faktoren den Daten zugrunde liegen sollen, welche manifeste Variablen auf die Faktoren laden sollen und wie die Faktoren zueinander in Beziehung stehen. Diese Zusammenhänge ergeben sich aus dem Kontext bzw. aus der Theorie.

Tab. 14: Beurteilung des Modellfits bei CFA anhand ausgewählte Fit-Maße (Moosbrugger & Keleva, 2012, S. 338).

KENNZAHL	GUTER FIT	AKZEPTABLER FIT
SRMR	≤ 0.05	≤ 0.10
RMSEA	≤ 0.05	≤ 0.08
CFI	≥ 0.97	≥ 0.95
NFI	≥ 0.95	≥ 0.90

SRMR: Standardized Root Mean Square of the Residuals, RMSEA: Root Mean Square Error of Approximation, CFI: Comparative Fit Index, NFI: Normed Fit Index.

Tab. 15: Faustregel zur Interpretation von Cronbachs α nach George und Mallery (2002).

CRONBACHS α	BEDEUTUNG	CRONBACHS α	BEDEUTUNG
$> 0,9$	exzellent	$> 0,6$	fragwürdig
$> 0,8$	gut	$> 0,5$	schlecht
$> 0,7$	akzeptabel	$\leq 0,5$	inakzeptabel

PARAMETERSCHÄTZUNG Ziel der sog. Parameterschätzung ist es, die Parameter für das theoretische Modell so zu bestimmen, dass mit ihnen die erhobenen Daten möglichst gut zusammenpassen. Dafür stehen verschiedene Schätzmethoden (z.B. Maximum-Likelihood) zur Verfügung.

MODELLEVALUATION Die Modellpassung kann unter Berücksichtigung der Stichprobengröße mit einer Vielzahl an „Goodness-of-Fit“-Gütemaßen beurteilt werden. Für die CFA werden in dieser Untersuchung die von Moosbrugger und Keleva (2012, S. 338) vorgeschlagenen Kenngrößen verwendet (vgl. Tab. 14).

6.3.3 Reliabilität von Likert-Skalen

Die Reliabilität einer Likert-Skala (die z.B. aus einer Faktorenanalyse gebildet wurde) ist ein wichtiges Kriterium für die Güte der Messung (Moosbrugger & Keleva, 2012). Praktisch wird die Reliabilität einer Likert-Skala mit Hilfe von **Cronbachs α** beurteilt (Gl. 7).

Cronbachs α reicht von 0 bis 1 und hängt stark von der Itemzahl ab. In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben darüber, welche α -Werte akzeptabel sind, um von einer intern konsistenten Skala ausgehen zu können. Zur Orientierung sei hier auf die Interpretation nach George und Mallery (2002) verwiesen, die in Tab. 15 gegeben ist.

Schecker (2014, S. 5, 6) merkt dazu an: „Ein α -Wert unter 0.7, der auch durch gezielten Ausschluss bestimmter Items nicht erhöht werden kann, ist kein absolutes Hindernis für die Verwendung des Tests oder der Skala. [...] Weder sollte

man sich von niedrigen α -Werten zu schnell abschrecken lassen, noch sind hohe α -Werte für sich ein Beleg für einen auch fachdidaktisch gut konstruierten Test, für eine homogene Skala oder für hohe Korrelationen auf Itemebene“. Gerade für Skalen mit *wenig Items* (2 - 4) sind auch solche niedrigeren Werte sinnvoll, selbst wenn bestimmte Schwellenwerte (vgl. [Tab. 15](#)) nicht erreicht werden (Kopp & Lois, 2014).

6.3.4 Validität von Likert-Skalen

Neben der Reliabilität stellt die *Validität* einer Likert-Skala ein weiteres wichtiges Gütekriterium dar (Fischer & Krabbe, 2015; Moosbrugger & Keleva, 2012). Anzumerken ist, dass selbst bei hoher Reliabilität einer Skala die Validität keinesfalls sichergestellt ist; daher ist eine separate Überprüfung notwendig. Der umgekehrte Fall, also eine valide Skala, die aber nicht reliabel ist, ist jedoch nicht möglich.

Es gibt nun eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Prüfung von Validität einer Likert-Skala. Die in dieser Untersuchung eingesetzte Auswahl an Prüfmethode soll hier kurz dargelegt werden (Kopp & Lois, 2014):

1. *Augenschein- & Inhaltsvalidität*: Die Inhaltsvalidität meint die Passung von Theorie und Erhebung; die Augenscheinvalidität stellt eine Vorform der Inhaltsvalidität dar, also die scheinbare Anwendbarkeit ohne statistische Überprüfung.
2. *Interne Validität*: Durch den Einbezug von Items mit gegensinniger Antwortrichtung enthalten Reliabilitätstests automatisch einen impliziten Test auf Validität, da das Antwortverhalten nicht allein durch eine Zustimmungstendenz erklärbar ist. Der Einbezug von Aussagen mit gegensinniger Antwortrichtung sei daher besonders wichtig (Kopp & Lois, 2014, S. 103).
3. *Konstruktvalidität*: Ein Teil von sog. Konstruktvalidität stellt die Eindimensionalität einer Skala dar, die durch Faktorenanalyse geprüft werden kann (Variablen laden stark auf die latenten oder extrahierten Faktoren; siehe [Abschnitt 6.3.1](#)).
4. *Kriteriumsvalidität*: Die Kriteriumsvalidität beschreibt den Grad der Übereinstimmung der Ergebnisse einer Skala mit den Ergebnissen für ein Außenkriterium (Kopp & Lois, 2014, S. 104). Der Zusammenhang zwischen den Messergebnissen und dem theoretisch logisch verknüpfbaren Außenkriterium kann über Regressionsanalysen ([Abschnitt 6.5.3](#)) erfolgen, mit denen die Stärke des Zusammenhangs geprüft wird.
5. *Kreuzvalidierung*: Siehe [Abschnitt 6.3.5](#).

6.3.5 Kreuzvalidierung

Eine weitere Art der Validierung, die sich vornehmlich bei der Überprüfung von neu entwickelten Fragebögen anbietet, stellt die *Kreuzvalidierung* dar. Der Mehrwert liegt darin, dass der neu entwickelte Test mit einem bereits etablierten, validen und empirisch abgesicherten Test inhaltlich verglichen werden kann. Neben der Validierung des neu entwickelten Tests liegen weitere Vorteile des Verfahrens darin, dass Ergebnisse verschiedener Tests ineinander umgerechnet bzw. geschätzt werden können, sowie die Kreuzvalidität differenzierter beurteilt werden kann (A. Müller, 2010; Wollschläger, 2017).

PRINZIP In dieser Untersuchung wird die (einfache) Kreuzvalidierung herangezogen (Witten, Frank & Hall, 2011), um die Likert-Skalen, die neu erstellt wurden (LS_{neu}), mit bereits etablierten und validen Skalen (LS_*) abzugleichen. Dazu wird die Gesamtstichprobe (Personen, die beide Skalen ausgefüllt haben) in zwei zufällige komplementäre Mengen geteilt und mit der einen Stichprobenhälfte ein lineares Regressionmodell für Testergebnisse $T_* := T_*(LS_{neu})$ berechnet (wobei auch mehrere Prädiktoren möglich sind). Anschließend werden anhand der zweiten Stichprobenhälfte die Ergebnisse von T_* mit den auf Basis der ersten Stichprobenhälfte errechneten Ergebnissen $T_*(T_{neu})$ verglichen (Korrelation). Die Validierung erfolgt damit also *kreuzweise*.

DURCHFÜHRUNG Im Folgenden ist die Abfolge einer Kreuzvalidierung auf Basis von Dietzsch (2012), Wollschläger (2017) und A. Müller (2010) skizziert:

1. Teilen der Gesamtstichprobe N in zwei zufällige komplementäre Mengen N_A und N_B . Wichtig ist, dass von jeder Person beide Skalen (neue Likert-Skala LS_{neu} und etablierte Skala LS_*) bearbeitet wurden, sodass N Datenpaare der Testergebnisse T_{neu} und T_* existieren.
2. Mit der ersten Stichprobenhälfte N_A : Berechnung eines linearen Regressionsmodells (Abschnitt 6.5) mit T_* als AV und T_{neu} als UV (multiple Regression möglich, wenn sich LS_{neu} aus mehreren Subskalen zusammensetzt; nicht signifikante Prädiktoren werden in dem Fall nach und nach entfernt).
3. Aufstellen der Regressionsgleichung (Regressionskonstante β_0 und Regressionsgewichte β_1 , ggf. β_2, \dots).
4. Mit der zweiten Stichprobenhälfte N_B : Schätzen der Variablen T_* mit der Regressionsgleichung $T_*(T_{neu})$.
5. Mit der zweiten Stichprobenhälfte N_B : Berechnung des Korrelationskoeffizienten r (Abschnitt 6.5) zwischen den tatsächlichen Werten für T_* und den geschätzten Werten $T_*(T_{neu})$. Diese Korrelation r_{pt} kann nun im Sinne einer Kennzahl für die (Kreuz-)Validität interpretiert werden (vgl. dazu auch Tab. 17 auf Seite 138).
6. Dies entspricht einer *einfachen* Kreuzvalidierung. Denkbar wäre nun auch ein erneutes Vorgehen mit vertauschten Untergruppen (*doppelte* Kreuzvalidierung) (Witten et al., 2011).

6.4 LATENTE KLASSENANALYSE

Das Ziel einer *latenten Klassenanalyse* (kurz LCA von engl. „Latent Class Analysis“) ist es, Personen anhand ihrer spezifischen Antwortmuster zu gruppieren (Moosbrugger & Keleva, 2012). In dieser Arbeit wird die LCA für die Zuordnung der Schüler zu sog. Interessentypen eingesetzt (vgl. [Abschnitt 3.5](#), sowie Häußler et al., 1998; R. Müller, 2006).

In Bezug auf die Lösungswahrscheinlichkeiten für die Items sind die Personen *innerhalb* einer sog. *latenten Klasse* (Gruppe) möglichst homogen und *zwischen* den verschiedenen Klassen möglichst heterogen (Bortz & Döring, 2006). Mittels LCA wird für jede Person anhand ihres Antwortmusters errechnet, mit welcher Wahrscheinlichkeit sie den latenten Klassen angehört. Die *Anzahl* der latenten Klassen kann dabei entweder hypothetisch vorgegeben oder anhand von Modellvergleichen mittels Likelihood-basierten Tests und verschiedenen Informationskriterien rechnerisch bestimmt werden (Nylund, Asparouhov & Muthén, 2007).

ANZAHL LATENTER KLASSEN Sollte die Anzahl der latenten Klassen nicht aus theoretischen Überlegungen hervorgehen, können verschiedene Modelle miteinander verglichen werden. Die Modelle unterscheiden sich dann nur in der Anzahl der latenten Klassen. Für die Bestimmung derjenigen n -Klassenlösung, die den Daten am besten entspricht, werden verschiedene *Informationskriterien* herangezogen. Diese basieren auf dem Wert der Log-Likelihood-Funktion L der Modellierung und beziehen je nach Kriterium verschiedene Modellparameter als *Strafterm* ein (Nylund et al., 2007):

$$AIC = -2 \log L + |k| \cdot 2 \quad (9a)$$

$$cAIC = -2 \log L + |k| \cdot (\ln N + 1) \quad (9b)$$

$$BIC = -2 \log L + |k| \cdot \ln N \quad (9c)$$

$$aBIC = -2 \log L + |k| \cdot \ln \frac{(N + 2)}{24} \quad (9d)$$

mit L : Wert der Log-Likelihood-Funktion;

k : Anzahl der geschätzten Parameter;

N : Stichprobengröße.

Das *Akaike-Information-Criterion* (AIC) beachtet neben L die *Anzahl der geschätzten Parameter* k und „bestraft“ so komplexere Modelle. Eine Erweiterung des AIC stellt der *cAIC* (*consistent AIC*) sowie das *Bayesian-Information-Criterion* (BIC) dar, die sich im Vergleich zum AIC zusätzlich an die Stichprobengröße n anpassen und so schon ab geringer Stichprobengröße komplexere Modelle noch stärker „bestrafen“ (Nylund et al., 2007; Skarke, 2017). Der *adjusted BIC* (*aBIC*) ersetzt die Stichprobengröße N in der Gleichung des BIC mit $N^* = (N + 2)/24$.

Mithilfe dieser Informationskriterien können die n -Klassenlösungen nun miteinander verglichen werden, wobei:

1. niedrigere Werte den besseren Modelfit anzeigen, und
2. im Kontext von LCAs der *BIC* (bzw. *aBIC*) dem *AIC* (bzw. *cAIC*) bevorzugen ist (Nylund et al., 2007). Dennoch ist die Angabe beider Kriterien üblich.

ZUORDNUNG Die Zuordnung der einzelnen Personen auf die latenten Klassen erfolgt letztlich über die Angabe der *Wahrscheinlichkeit der Klassenzugehörigkeit*; wobei diese von 0 bis 1 reicht (Werte nahe 1 bevorzugt).

6.5 EXPLORATIVE DATENANALYSE: UNTERSUCHUNG VON ZUSAMMENHÄNGEN

6.5.1 Grafische Datenanalyse

Um einen ersten Überblick über Muster, Zusammenhänge, Besonderheiten oder auch offensichtlich fehlerbehaftete Datenstrukturen zu gewinnen, empfiehlt sich vor der rechnerischen Analyse eine *grafische Datenanalyse*.

Von besonderer Bedeutung sind hierbei der *Boxplot* und das *Streudiagramm* (Schäfer, 2016):

BOXPLOT Der *Boxplot* ist eine grafische Darstellung der Werteverteilung einer *einzelnen* Variablen, in der Median und Interquartilsabstand abgetragen sind. Ein Vorteil von Boxplots gegenüber der Betrachtung von Mittelwert und Standardabweichung ist, dass Median und Interquartilsabstand unanfällig gegenüber Ausreißern sind und sich so ein Überblick über die Datenstruktur verschafft werden kann. Auch das Auffinden von Ausreißern ist gut mit Boxplots möglich.

STREUDIAGRAMM In einem *Streudiagramm* kann man nach Zusammenhängen und Mustern *zwischen* Variablen suchen, indem man die zu untersuchende Variablen in ein X-Y-Diagramm einträgt (X-Achse: Variable 1; Y-Achse: Variable 2 mit zusammenhängenden Datenpunkten (x_i, y_i) – z.B. einer Person i).

6.5.2 Korrelation

Den *ungerichteten linearen* Zusammenhang zweier Variablen bezeichnet man als *Korrelation*. Der **Korrelationskoeffizient** r nach Bravais-Pearson berechnet den linearen Zusammenhang zweier *intervallskalierter* Variablen (Hemmerich, 2018):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (10)$$

mit x_i, y_i : Werte der beiden Variablen X und Y für Messung i ;

\bar{x}, \bar{y} : Mittelwerte der beiden Variablen X und Y ;

N : Stichprobengröße.

VORAUSSETZUNGEN Damit die Berechnung von Korrelationen möglich und sinnvoll ist, müssen wenige Voraussetzungen erfüllt sein:

- die Variablen sind intervallskaliert,
- die Variablen sind normalverteilt,
- der untersuchte Zusammenhang zwischen den Variablen wird als linear angenommen.

SIGNIFIKANZ Die berechnete Korrelation kann mit einem t -Test auf statistische Signifikanz überprüft werden ([Abschnitt 6.8](#)). Die zugehörige Teststatistik t kann aus r , ρ oder τ berechnet werden ([Hemmerich, 2018](#)):

$$t = \frac{|r|}{\sqrt{\frac{1-r^2}{N-2}}} \quad (11)$$

mit r : Korrelationskoeffizient (analog für ρ & τ);

$df = N - 2$: Anzahl der Freiheitsgrade;

N : Stichprobengröße.

INTERPRETATION Für den Betrag des Koeffizienten gibt es folgende Interpretationsrichtlinie ([Moosbrugger & Keleva, 2012](#)):

- $|r| \geq 0.1$: schwach linearer Zusammenhang,
- $|r| \geq 0.5$: mittlerer linearer Zusammenhang,
- $|r| \geq 0.8$: stark linearer Zusammenhang.

6.5.3 Regressionsanalyse

Im Folgenden soll überblicksartig die grundlegende Idee der *Regressionsanalyse* skizziert werden; ohne jedoch zu sehr ins Detail zu gehen. Für weiterführende Ausführungen wird auf entsprechende Literatur verwiesen, z.B. ([Kopp & Lois, 2014](#); [Kuckartz et al., 2013](#); [Schäfer, 2016](#)).

Da die Regressionsanalyse aber die Grundlage der *Mehrebenenanalyse* bildet – mit der die Forschungsfrage ([FF](#)) dieser Arbeit analysiert wird – soll auf die Grundidee der Regressionsanalyse nicht verzichtet werden. Die folgenden Ausführungen stützen sich, sofern nicht anders angegeben, auf die Ausführungen von [Schwarz \(2016\)](#).

GRUNDIDEE Die Regressionsanalyse wird verwendet, wenn Zusammenhänge zwischen zwei (oder mehr) intervallskalierten Variablen besteht. Das Schlussfolgern von einer abhängigen Variable Y auf eine unabhängige Variable X wird dabei auch als „Regressieren“ bezeichnet. Dabei nennt man die abhängige Variable (AV) auch *Kriteriumsvariable* und die unabhängige Variable (UV) *Prädiktorvariable* ([Schwarz, 2016](#)).

Man unterscheidet die grundsätzlichen Arten *univariate einfache lineare Regression* (1 AV & 1 UV), *univariate multiple lineare Regression* (1 AV & mehrere UV) und die

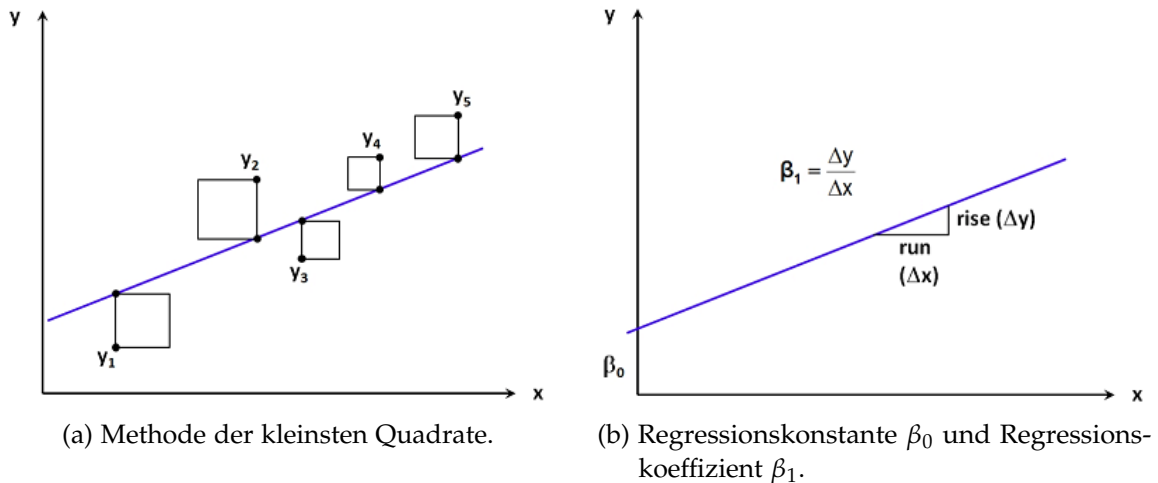


Abb. 35: Der Zusammenhang der abhängigen Variable Y und der unabhängigen Variable X wird durch eine lineare Funktion modelliert (Schwarz, 2016).

multivariate multiple linear Regression (mehrere AV & mehrere UV). Anzumerken ist dabei, dass auch nichtlineare Zusammenhänge (durch vorherige Achsentransformation) oder auch binäre Variablen (*logistische Regression*) untersucht werden können.

Die *Grundidee* ist es, den Zusammenhang zwischen AV Y und UV X durch eine lineare Funktion $y = f(x)$, also einer *Geraden*, zu beschreiben. Im Falle einer univariaten einfachen linearen Regression lässt sich dies gut grafisch veranschaulichen (Abb. 35a). Die *Regressionsgerade* wird dabei so gelegt, dass die Summe der quadrierten vertikalen Abstände von den Datenpunkten zur Geraden minimiert wird (Methode der kleinsten Quadrate). Die Regressionsgerade wird somit durch den Schnittpunkt mit der y -Achse (β_0) und die Steigung (β_1) eindeutig identifiziert (vgl. Abb. 35b). Der Einfluss der Variable X wird also durch den Anstieg der Regressionsgeraden, also durch β_1 ausgedrückt.

FORMALE DARSTELLUNG Im Falle der univariaten einfachen linearen Regression modelliert man den linearen Zusammenhang zwischen einer metrisch skalierten AV Y und einer metrisch skalierten UV X . Das zugehörige Modell gestaltet sich dann nach dieser Modellgleichung (vgl. Nezlek, Schröder-Abé & Schütz, 2006):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_i + e_i \quad (12)$$

mit Y_i : Ausprägung der abhängigen Variablen Y für Individuum i ;

X_i : Ausprägung der unabhängigen Variablen X für Individuum i ;

β_0 : Regressionskonstante (Schnittpunkt der Regressionsgerade mit der Y -Achse (engl. „Intercept“);

β_1 : Regressionskoeffizient zum Prädiktor X (Anstieg der Regressionsgerade (engl. „Slope“), beschreibt die Änderung von Y , wenn der Wert von X um eine Einheit steigt;

e_i : Residuum bzw. Fehlerterm (Abweichung zwischen dem durch die Regression vorhergesagten und dem tatsächlich gemessenen Wert der abhängigen Variable Y für das Individuum i).

VORAUSSETZUNGEN Für die Durchführung einer Regressionsanalyse müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein (Schwarz, 2016):

- AV intervallskaliert; UV intervallskaliert oder Dummy-Variable,
- Zusammenhang zwischen AV und UV ist linear,
- Gauss-Markov-Annahmen sind erfüllt:
 1. Die Regressionskoeffizienten sind linear,
 2. Zufallsstichprobe,
 3. für jeden Wert der UV hat der Fehlerwert den Erwartungswert 0,
 4. die Ausprägungen der UV sind nicht konstant,
 5. für jeden Wert der UV hat der Fehlerwert dieselbe Varianz (Homoskedastizität)
- Unabhängigkeit und (näherungsweise) Normalverteilung des Fehlerwerts,
- bei mehreren UVs: keine Multikollinearität (die UVs korrelieren nicht zu stark miteinander).

KENNWERTE Zur Überprüfung, ob das Modell insgesamt einen *signifikanten Erklärungsbeitrag* leistet, wird ein *F-Test* durchgeführt (Abschnitt 6.8). Dieser prüft, ob das Regressionsmodell insgesamt signifikant ist bzw. die Vorhersage durch das Hinzufügen der Variable verbessert wird.

Analog dazu werden mit *t-Tests* die Regressionskoeffizienten und die -konstante auf *Signifikanz* geprüft (Abschnitt 6.8).

Als Maß für die *Modellgüte* wird das *Bestimmtheitsmaß* R^2 herangezogen (auch *Determinationskoeffizient* genannt). R^2 kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen und beschreibt, welcher Varianzanteil der AV durch die UV aufgeklärt werden kann („Anteil aufgeklärter Varianz“) – es zeigt also, wie gut das geschätzte Modell zu den erhobenen Daten passt (Kuckartz et al., 2013):

$$R^2 = \frac{SS_{\text{Reg}}}{SS_{\text{total}}} = \frac{SS_{\text{Reg}}}{SS_{\text{Reg}} + SS_{\text{Fehler}}} \quad (13)$$

mit $SS_{\text{total}} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$: Gesamtquadratsumme der Varianz (SS von engl. „Sum of Squares“; Varianz des Datenpunkts y_i vom Gesamtmittelwert \bar{y});

$SS_{\text{Reg}} = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$: Summenquadrat der Regressionsvarianz (Varianz des Datenpunkts auf der Regressionsgerade \hat{y}_i vom Gesamtmittelwert \bar{y});

$SS_{\text{Fehler}} = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$: Summenquadrat der Fehlervarianz (Varianz des Datenpunkts y_i um die Regressionsgerade \hat{y}).

Kritisch ist zu betrachten, dass R^2 mit wachsender Anzahl der ins Modell einbezogenen unabhängigen Variablen nach oben beeinflusst wird, auch wenn die zusätzlichen Variablen keinen bedeutenden Erklärungswert haben. Aus diesem Grund ist die Angabe des *korrigierten Bestimmtheitsmaßes* R_*^2 (auch *bereinigtes, adjustiertes oder angepasstes Bestimmtheitsmaß* genannt) in der Forschungsliteratur üblich. Auch Statistikprogramme wie SPSS oder R geben bei Regressionsanalysen

neben R^2 automatisch R_*^2 simultan aus. R_*^2 besteht im Prinzip aus dem Wert des einfachen R^2 , welcher mit einem „Strafterm“ belegt wird. Diese Term steigt mit der Anzahl der unabhängigen Variablen und kann nur ausgeglichen werden, wenn die Variable auch ausreichend zusätzliche Erklärungsgehalt liefert (Kopp & Lois, 2014):

$$R_*^2 = R^2 - \frac{1 - R^2}{N - J - 1} \quad (14)$$

mit N : Anzahl der Beobachtungen;

J : Anzahl der unabhängigen Variablen.

Somit fällt die „Strafe“ für zusätzliche unabhängige Variablen insbesondere bei geringem Stichprobenumfang N hoch aus.

6.6 MEHREBENENANALYSE

Die *Mehrebenenanalyse* (kurz MLA von engl. *Multilevel Modeling*) ermöglicht, im Gegensatz zu den bisher erörterten Verfahren, die Analyse hierarchisch strukturierter Daten. Dieses Verfahren, welches auch unter den Begriffen „Hierarchisch Lineare Modellierung“, „Random effects Modeling“, „Mixed Modeling“ oder auch „Random coefficient Modeling“ bekannt ist, soll an dieser Stelle überblicksartig beschrieben werden. Für eine detailliertere Darstellung sei auf Ditton (1998), Kuhn (2010), Langer (2004), Lois (2015), Nezlek et al. (2006), Raudenbush, Bryk, Fai Cheong und Congdon (2004) verwiesen.

Hierarchisch strukturiert bedeutet hierbei, dass die Dateneinheiten (z.B. Beobachtungen) eindeutig verschiedenen Ebenen zugeordnet werden können. Jede Einheit der niedrigsten Ebene ist dabei eindeutig einer Einheit auf der nächst höheren Ebene zugeordnet (vgl. Abb. 36). Die niedrigste Ebene 1 stellt bei Querschnittsuntersuchungen meist die *Individualebene* (Personen, Schüler oder Tiere) dar. Aber auch Längsschnittdesigns mit *Messzeitpunkten* auf Ebene 1 sind denkbar; in diesem Falle bildet dann die Ebene 2 die Individualebene.

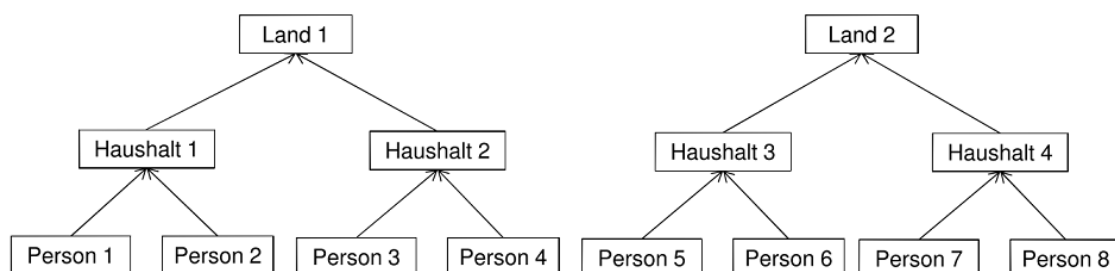


Abb. 36: Beispiel für die Mehrebenenstruktur von Datensätzen: Personen (Ebene 1) gruppieren sich in Haushalte (Ebene 2), Haushalte gruppieren sich Länder (Ebene 3) (aus Lois, 2015).

Durch die MLA können Zusammenhänge aufgedeckt werden, die mit herkömmlichen Methoden verdeckt geblieben wären. Exemplarisch sei hier auf das Beispiel in Abb. 37 verwiesen, in dem sich ein positiver Zusammenhang auf individueller Ebene, jedoch negative Zusammenhänge innerhalb der Gruppen zeigen.

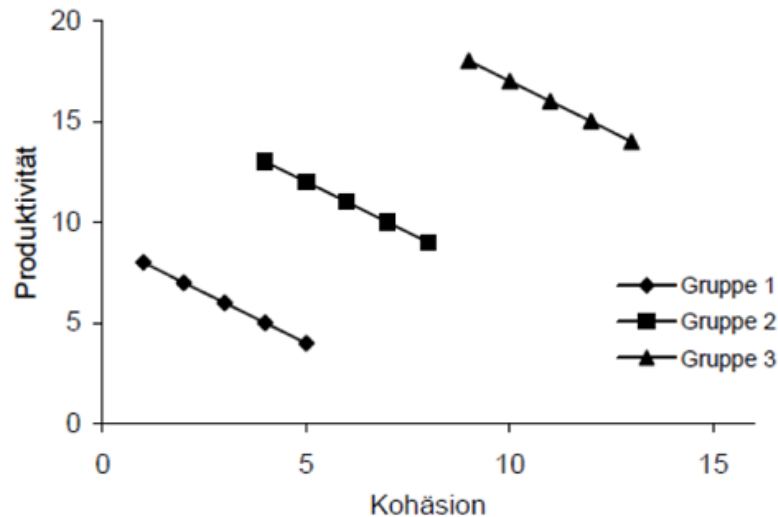


Abb. 37: Die abhängige Variable Produktivität wird im Bezug auf die unabhängige Variable Kohäsion *gruppenspezifisch* untersucht. Es zeigen sich entgegengesetzte Effekte auf Individual- und auf Gruppenebene (aus Nezlek et al., 2006).

VORTEILE Diese Beachtung der hierarchischen Struktur von Daten bietet einige Vorteile im Vergleich zur herkömmlichen Regressionsanalyse (Votta, 2017):

1. *Standardfehler werden richtig geschätzt:* In hierarchisch strukturierten Daten (z.B. Schülern (Ebene 1) in Klassen (Ebene 2), die von einem bestimmten Lehrer (Ebene 3) unterrichtet werden) sind die Beobachtungen *nicht unabhängig*. Demnach ist die Voraussetzung nach Unabhängigkeit für die herkömmliche lineare Regression (Abschnitt 6.5.3) verletzt. Dies führt zur Unterschätzung der Standardfehler der Regressionskoeffizienten, was zu einer Überschätzung statistischer Signifikanz führt.
2. *Gruppeneffekte:* Besonders Gruppeneffekte können mit MLAs adäquat untersucht werden.
3. *Simultane Schätzung von (Gruppen-)Effekten und Prädiktoren:* Dies ist in traditionellen Regressionsanalysen nicht möglich.
4. *Schluss auf Grundgesamtheit möglich:* In MLAs werden die Gruppen als Stichprobe aufgefasst; dies lässt Schlüsse auf die Grundgesamtheit zu.

VORAUSSETZUNGEN Für die Durchführung einer Mehrebenenanalyse muss der Datensatz bestimmte Voraussetzungen erfüllen: Dies betrifft insbesondere die Anzahl der Einheiten pro Ebene – für die es in der Literatur verschiedene Empfehlungen gibt. Je nach Quelle wird eine Empfehlung von mindestens 30 bis 50 Einheiten pro Ebene ausgesprochen (Ditton, 1998; Hox, 2002; Maas & Hox, 2005).

Im Bezug auf die Gruppenanzahl berichten Hartig und Bechtoldt (2002) auf Grundlage ihrer Literaturrecherche zudem, dass für die Schätzung der sog. *festen Effekte* (Erklärung folgt) und ihrer Standardfehler die Anzahl der Gruppen entscheidender ist, als eine große Menge an Personen in den Gruppen. Zudem

würden *Zufallseffekte* (Erklärung folgt) auf der ersten Ebene auch bei geringer Stichprobengröße adäquat geschätzt.

FORMALE DARSTELLUNG Die klassische univariate Regressionsanalyse ([Abschnitt 6.5.3](#)) beschreibt den linearen Zusammenhang zwischen einer oder mehreren unabhängigen und einer metrisch skalierten abhängigen Variablen Y . Das zugehörige Modell gestaltet sich im einfachsten Falle mit nur einer unabhängigen Variablen bzw. eines Prädiktors X nach dieser Modellgleichung (vgl. Nezlek et al., 2006):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_i + e_i \quad (15)$$

mit Y_i : Ausprägung der abhängigen Variablen Y für Individuum i ;

X_i : Ausprägung der unabhängigen Variablen X für Individuum i ;

β_0 : Regressionskonstante (Schnittpunkt der Regressionsgerade mit der Y -Achse (engl. „Intercept“);

β_1 : Regressionskoeffizient zum Prädiktor X (Anstieg der Regressionsgerade (engl. „Slope“), beschreibt die Änderung von Y , wenn der Wert von X um eine Einheit steigt;

e_i : Residuum bzw. Fehlerterm (Abweichung zwischen dem durch die Regression vorhergesagten und dem tatsächlich gemessenen Wert der abhängigen Variable Y für das Individuum i).

In dieser klassischen Regressionsanalyse wird in einem hierarchischen Datensatz (z.B. Schüler in Klassen) nicht zwischen den verschiedenen Ebenen unterschieden, d.h. für jeden Schüler werden unabhängig von dessen Klassenzugehörigkeit dieselben Regressionsparameter β_0 und β_1 formuliert. In der Mehrebenenanalyse hingegen existieren für jede Ebeneneinheit verschiedene Regressionsparameter β_0 und β_1 . Dies ermöglicht zusätzlich Untersuchungen auf Gruppenebene. So gestaltet sich etwa ein Zweiebenenmodell (mit der gleichen Variablenkonstellation wie bei [Gl. 15](#)) mit Schülern i (Einheiten der Ebene 1), die jeweils Klasse j (Einheiten der Ebene 2) zugeordnet werden können, wie folgt:

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \cdot X_{ij} + e_{ij} \quad (16)$$

mit Y_{ij} : Ausprägung der abhängigen Variablen Y für Schüler i in Klasse j ;

X_{ij} : Ausprägung der unabhängigen Variablen X für Schüler i in Klasse j ;

β_{0j} : Regressionskonstante für Klasse j ;

β_{1j} : Regressionskoeffizient zum Prädiktor X für Klasse j ;

e_{ij} : Residuum bzw. Fehlerterm für Schüler i in Klasse j .

Demzufolge existieren hier für jede Schulklasse j eigene Regressionsparameter β_{0j} und β_{1j} (und ggf. im Falle von mehreren Prädiktoren ebenfalls mehrere β_{2j} , β_{3j} , usw.). Die Regressionsparameter auf der ersten Ebene lassen sich durch Gleichungen auf der zweiten Ebene darstellen, wobei zwischen *festen Effekten* („fixed effects“) und *zufälligen Effekten* („random effects“) unterschieden wird:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad \text{und} \quad (17a)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j} \quad (17b)$$

- mit γ_{00} : Regressionskonstante der zweiten Ebene (Klassenebene) – *Fixed Intercept*;
 u_{0j} : Residuum der Regressionskonstante der Ebene-2-Einheit j , also die Differenz zwischen dem geschätzten mittleren Wert einer Einheit der zweiten Ebene (hier: Klasse j) in der abhängigen Variablen Y und dem tatsächlichen Wert – *Random Intercept*;
 γ_{10} : Regressionskoeffizient der zweiten Ebene (Klassenebene) – *Fixed Slope*;
 u_{1j} : Residuum des Regressionskoeffizienten der Ebene-2-Einheit j , also die Differenz zwischen dem geschätzten Regressionskoeffizienten für die unabhängige Variable X in einer Einheit der zweiten Ebene (hier: Klasse j) in der abhängigen Variable Y und dem tatsächlichen Wert – *Random Slope*.

Oder anders ausgedrückt: Für jeden Prädiktor X kann neben einem *festen* Effekt zusätzlich ein *zufälliger* Effekt identifiziert werden. In dieser Form notiert, können mithilfe der *festen* und der *zufälligen Effekte* von Prädiktoren leicht Aussagen über die Zusammenhänge getroffen werden. Sind die Unterschiede zwischen Schülern (Ebene 1) bezüglich einer unabhängigen Variable Y wesentlich aufgrund ihrer Schulklassenzugehörigkeit (Ebene 2) stark, so ist die Varianz der *random effects* ebenfalls groß, wobei sogar eine differenzierte Betrachtung der Varianz im Bezug auf die *Intercepts* und die *Slopes* möglich ist.

Abb. 37 zeigt z.B. große Varianz der *random Intercepts* und keine Varianz der *random Slopes*. Dies spricht für generell große Unterschiede in der Ausprägung der abhängigen Variable zwischen den Gruppen; der *Effekt* der unabhängigen Variable jedoch ist Gruppen-übergreifend gleich.

Generell können wie bei der herkömmlichen Regressionsanalyse auch mehrere unabhängige Variablen (UV) in das Modell eingebracht werden; hierbei ist stets die Ebenenstruktur zu beachten. Soll beispielsweise in das Modell mit der Modellgl. 16 der Einfluss eines Prädiktors W auf Klassenebene (z.B. die Schulart) geprüft werden, so muss W in die Regressionsgleichungen der Ebene 2 eingeführt werden. Wird nun im Zuge der Modellentwicklung neben W ein weiterer Prädiktor Z auf Ebene 1 (Individualebene) hinzugefügt, so ergibt sich folgende Regressionsgleichung für das Gesamtmodell (Zweiebenenmodell):

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \cdot X_{ij} + \beta_{2j} \cdot Z_{ij} + e_{ij} \quad (18)$$

- mit $\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} \cdot W_j + u_{0j}$
 $\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11} \cdot W_j + u_{1j}$
 $\beta_{2j} = \gamma_{20} + \gamma_{21} \cdot W_j + u_{2j}$

Das hier dargestellte Modell für zwei Ebenen lässt sich dann in der selben Weise auch auf drei oder mehr Ebenen erweitern. Auf die Darstellung sei jedoch aus Platzgründen an dieser Stelle verzichtet und exemplarisch auf Ditton (1998) bzw. Kuhn (2010) verwiesen.

VORGEHEN Die Modellierung von Mehrebenenstrukturen erfolgt prinzipiell analog zur herkömmlichen Modellierung *schrittweise*. Aufbauend auf einem sog. *Nullmodell*, welches noch keine Prädiktoren, sondern nur die einzelne abhängige Variable (AV) enthält, werden schrittweise die Prädiktoren in das Modell eingebracht und auf Signifikanz untersucht.

Das *Nullmodell* („Intercept-Only-Modell“) für den 3-Ebenenfall ergibt sich zu:

$$Y_{ijk} = \beta_0 + e_{ijk} + u_{jk} + r_k \quad (19)$$

mit β_0 : Intercept;

e_{ijk} : Ebene-1-Zufallseffekt;

u_{jk} : Ebene-2-Zufallseffekt;

r_k : Ebene-3-Zufallseffekt.

Die Mehrebenenanalyse beginnt mit der Überprüfung der Verteilung der Varianzanteile der abhängigen Variablen auf die einzelnen Ebenen (Kuhn, 2010). Dazu wird die *Intraklassenkorrelation ICC* herangezogen, die für jede Ebene den Anteil erklärbarer Varianz an der Gesamtvarianz beschreibt:

$$ICC_{Ebene1} = \frac{VAR(e_{ijk})}{VAR(e_{ijk}) + VAR(u_{jk}) + VAR(r_k)} \quad (20a)$$

$$ICC_{Ebene2} = \frac{VAR(u_{jk})}{VAR(e_{ijk}) + VAR(u_{jk}) + VAR(r_k)} \quad (20b)$$

$$ICC_{Ebene3} = \frac{VAR(r_k)}{VAR(e_{ijk}) + VAR(u_{jk}) + VAR(r_k)} \quad (20c)$$

Mit dem ICC kann geprüft werden, ob eine Mehrebenenanalyse die angebrachte Methode zur Modellierung darstellt. Beschreibt eine Ebene nur einen geringen erklärbaren Varianzanteil, so kann die entsprechende Ebene ggf. auch gestrichen werden. Teilt sich die Varianz jedoch gut auf die Ebenen auf, so ist ein Mehrebenenmodell angebracht.

Die Entwicklung des Modells erfolgt, indem i.d.R. zunächst auf der Individual-ebene ein Prädiktor in das Modell aufgenommen und auf Signifikanz untersucht wird. Im Unterschied zur herkömmlichen Regressionsanalyse werden bei der MLA *klassenabhängig variierende* Regressionskoeffizienten identifiziert. Zeigt ein Prädiktor Signifikanz, so bleibt er im Modell enthalten, sonst wird er aus dem Modell entfernt. Nun wird der nächste Prädiktor in das Modell eingeführt und entsprechend geprüft. Dieses Vorgehen wird als „step up“-Modellierung bezeichnet und meint die schrittweise Erweiterung des Modells auf Grundlage funktionierender Submodelle.

Bortz und Döring (2006, S. 363) merken an, dass eine rein empirische Rechtfertigung für das Einfügen von Prädiktoren keinesfalls ausreichend sei. Der Einschluss von Prädiktoren müsse stets mit den Forschungshypothesen vereinbar und theoretisch begründbar sein.

Bezüglich der Vergleichbarkeit und Interpretierbarkeit der Regressionskoeffizienten unterscheiden sich Mehrebenenmodelle nicht von regulären linearen Modellierungen. Es gilt abzuwägen, ob die individuell leichter bzw. direkter zu interpretierenden Regressionskoeffizienten *unstandardisiert* berichtet werden sollen, oder ob die leichter vergleichbaren *standardisierten* Regressionskoeffizienten angegeben werden sollen. Um standardisierte Koeffizienten zu erhalten, ist es die

Variablen an einem Mittelwert von 0 zu *zentrieren*. Für die Zentrierung gibt es mehrere Möglichkeiten¹⁵:

1. Natürliche Metrik
2. Zentrierung um den Gruppenmittelwert
(Grand-mean-centered, $\bar{x} = 0 \wedge \text{VAR}(x) = 1$)
3. Zentrierung um den Gesamtmittelwert
(Group-mean-centered, $\bar{x} = 0 \wedge \text{VAR}(x) = 1$)

In R kann die Zentrierung um den Gesamtmittelwert z.B. mit dem Paket `sjstats` durchgeführt werden.

KENNWERTE Als Maß der Gesamtmodellgüte kann die *Devianz* D angesehen werden. Sie entspricht dem doppelten negativen Wert der *Log-Likelihood-Funktion* L einer Modellierung M . Die Devianz D ist dabei nicht absolut zu interpretieren, sondern spielt eine Rolle bei der Weiterentwicklung eines Modells M_1 zu einem Modell M_2 : Verringert sich die Devianz, so verbessert sich der Erklärwert des Modells. Die Devianzdifferenz $\Delta D_{M_1M_2}$ lässt sich über eine χ^2 -Verteilung auf statistische Bedeutsamkeit testen. Als Faustregel gilt dabei, dass die Veränderung der Devianz mindestens dem Doppelten der Differenz der Freiheitsgrade entsprechen sollte (Kreft & De Leeuw, 1999):

$$D = -2 \cdot \log L \quad (21a)$$

$$\begin{aligned} \Delta D_{M_1M_2} &= D_{M_1} - D_{M_2} \\ &= -2 [\log L_{M_1} - \log L_{M_2}] = -2 \cdot \log \left(\frac{L_{M_1}}{L_{M_2}} \right) \end{aligned} \quad (21b)$$

Die Schätzung der festen Effekte und der Varianzkomponenten erfolgt in R mit dem Paket `lme4` (Bates, Mächler, Bolker & Walker, 2014) auf Basis einer Restricted-Maximum-Likelihood-Schätzung (MLR). Mit `lme4` können (univariate) Mehrebenenmodelle mit max. 3 Ebenen berechnet werden. Ein besonders nützlicher Aspekt des Pakets ist, dass die festen und zufälligen Effekte (*fixed & random effects*) nicht nur mit hierarchischen Gruppierungsfaktoren (*nested structure*, z.B. Person – Haushalt – Land), sondern mit nicht-hierarchischen Faktoren verwendet werden kann (*non-nested structure*, z.B. Person – Klassenstufe und Lehrer).

Langer (2009) berichtet, dass die MLR-Schätzung unter bestimmten Umständen bessere Resultate, als die Full-Maximum-Likelihood-Schätzung (MLF) erbringt. Der Einsatz der MLR hat jedoch zu Folge, dass die Beurteilung der Gesamtmodellgüte über die Devianz D nicht möglich ist. Das Computerprogramm R (`lme4`) führt daher für den Modellvergleich einen Model-Refit mit MLF durch, sodass eine Beurteilung der Gesamtmodellgüte mit D zulässig ist.

Mit dem *Akaike-Information-Criterion* (AIC) und dem *Bayesian-Information-Criterion* (BIC) kann die Modellgüte ebenfalls abgeschätzt werden. Auch diese Kennwerte

¹⁵ Die Vor- und Nachteile, sowie der Einfluss der einzelnen Möglichkeiten auf die Regressionsparameter sind bei Hartig und Bechtoldt (2002) gut erörtert.

lassen sich wie die Devianz D über den Wert der Log-Likelihood-Funktion L ermitteln. Im Unterschied zur Devianz D werden komplexere Modelle nicht als durchweg besser eingestuft, da neben L ein sog. *Strafterm* mitaufgenommen wird. Der *AIC* beachtet neben L die *Anzahl der geschätzten Parameter* k und „bestraft“ so komplexere Modelle; der *BIC* passt sich im Vergleich mit dem *AIC* zusätzlich an die Stichprobengröße n an und „bestraft“ so schon ab geringer Stichprobengröße komplexere Modelle noch stärker als der *AIC* (Skarke, 2017):

$$AIC = -2 \log L + 2|k| \stackrel{\text{(Gl. 21a)}}{=} D + 2|k| \quad (22a)$$

$$BIC = -2 \log L + |k| \cdot \ln N \stackrel{\text{(Gl. 21a)}}{=} D + |k| \cdot \ln N \quad (22b)$$

Wie schon die Devianz D dürfen auch *AIC* und *BIC* nicht als absolutes Gütemaß verstanden werden. Der Mehrwert dieser Informationskriterien liegt im Vergleich mehrerer Modelle – bei dem dieses mit dem niedrigeren *AIC* bzw. *BIC* vorzuziehen ist.

MODELLGÜTE In Regressionsanalysen wird zur Beurteilung der *Modellgüte* häufig das Bestimmtheitsmaß R^2 herangezogen, mit dessen Hilfe Aussagen über die Varianzaufklärung des Modells getroffen werden können.

Im Falle von MLAs werden jedoch neben den festen Effekten auch Zufallseffekte modelliert, was zur Folge hat, dass die Varianzaufklärung – und somit auch das Bestimmtheitsmaß R^2 – keine einheitliche Definition mehr besitzt. Das heißt jedoch nicht, dass die Angabe eines Goodness-of-Fit-Maßes unmöglich ist bzw. darauf verzichtet werden sollte. Um Aussagen über die *Modellgüte* treffen zu können, empfiehlt es sich, eine einheitliche Alternative heranzuziehen.

Etabliert hat sich hierfür die Angabe des zweiteiligen Modellgütemaßes nach Nakagawa und Schielzeth (2013):

Für ein allgemeines 3-Ebenen-Random-Intercept-Modell mit p Prädiktoren X und den Regressionsgewichten β (Gl. 23) werden 2 Typen von R^2 berechnet:

$$Y_{ijk} = \beta_0 + \sum_{h=1}^p \beta_h X_{hijk} + e_{ijk} + u_{jk} + r_k \quad (23)$$

$$R_m^2 = \frac{\sigma_F^2}{\sigma_F^2 + \sigma_r^2 + \sigma_u^2 + \sigma_e^2} \quad (\text{marginales } R^2) \quad (24a)$$

$$R_c^2 = \frac{\sigma_F^2 + \sum_{z=1}^Z \sigma_z^2}{\sigma_F^2 + \sum_{z=1}^Z \sigma_z^2 + \sigma_e^2} \quad (\text{konditionales } R^2) \quad (24b)$$

- mit R_m^2 : *Marginales* R^2 (Varianzanteil, der von den festen Effekten erklärt wird);
 R_c^2 : *Konditionales* R^2 (interpretierbar als Varianzanteil, der vom Gesamtmodell (mit festen und zufälligen Effekten) erklärt wird);
 σ_F^2 : Varianz der durch die p Prädiktoren X erklärten *festen Effekte* \rightarrow
 $\sigma_F^2 = \text{VAR}(\sum_{h=1}^p \beta_h X_{hijk})$;
 σ_e^2 : Varianz des Zufallseffekts auf Ebene 1 $\rightarrow \sigma_e^2 = \text{VAR}(e_{ijk})$;
 σ_u^2 : Varianz des Zufallseffekts auf Ebene 2 $\rightarrow \sigma_u^2 = \text{VAR}(u_{jk})$;
 σ_r^2 : Varianz des Zufallseffekts auf Ebene 3 $\rightarrow \sigma_r^2 = \text{VAR}(r_k)$;
 Z : Anzahl der modellierten zufälligen Effekte ($Z \leq p$);
 σ_z^2 : Varianz des *zufälligen Effekts* des Prädiktors z .

So berechnet, gibt das *marginale* R^2 (R_m^2) den Varianzanteil an, der von den festen Effekten erklärt wird ($0 \leq R_m^2 \leq 1$), während das *konditionale* R^2 (R_c^2) als der Varianzanteil interpretiert werden kann, der durch das Gesamtmodell (mit festen und zufälligen Effekten) erklärt wird ($0 \leq R_c^2 \leq 1$). Die Autoren empfehlen, beide Modellgütemaße in Publikationen anzugeben.

Wichtig ist, dass diese Art der Berechnung von R^2 für MLAs nur für Random-Intercept-Modelle gültig ist. Erfreulicherweise wurde die Berechnungsmethode nach Nakagawa und Schielzeth (2013) von Johnson (2014) so erweitert, dass R_m^2 und R_c^2 auch für Random-Slope-Modelle angegeben werden können. Siehe dafür auch Nakagawa, Johnson und Schielzeth (2017).

In R können die beiden Gütemaße R_m^2 und R_c^2 für Random-Slope-Modelle nach Nakagawa et al. (2017) mit dem Paket MuMIn (Barton, 2018) berechnet werden.

MULTIVARIATE MLA Verglichen mit „gewöhnlichen“ Regressionsanalysen, existiert eine zwar befriedigende, jedoch recht überschaubare Anzahl an Möglichkeiten, mittels Computersoftware *univariate* Mehrebenenanalysen durchzuführen (Hox, 2002; Langer, 2009) – z.B. mit HLM (Raudenbush et al., 2004), in SPSS, in R oder in Stata. In dieser Untersuchung wurden alle statistischen Analysen mit dem freien Computerprogramm R durchgeführt; für Mehrebenenanalysen kam das Paket lme4 zum Einsatz. Damit sind Berechnungen von *univariaten* Mehrebenenmodellen mit max. 3 Ebenen möglich.

Leider existiert für R derzeit kein Paket (mehr), welches auch *multivariate* Modellierungen von Haus aus unterstützt. Mit dem Paket sabreR (Berridge & Crouchley, 2011) war dies möglich, dieses ist jedoch 2013 aus der R-Paketsammlung (CRAN repository) entfernt worden. Ein vielversprechendes Paket der sabreR-Autoren befindet sich momentan noch in der Entwicklung: MGLMM von Berridge, Crouchley und Grose (2017)¹⁶.

P-WERTE IN LME4 Die Berechnung der Modelle und dazugehörigen Kennwerte nach dem o.g. Vorgehen erfolgte mit dem Paket lme4 – Version 1.1-17 vom 3.4.2018 des Statistikprogramms R. Bemerkenswert ist, dass lme4 keine p -Werte für die geschätzten festen Parameter berichtet – eine bewusste Entscheidung der Autoren (Bates et al., 2014, S. 35): „While the null distributions (and the sampling distributions of non-null estimates) are asymptotically normal, these distributions

¹⁶ Stand: September 2018.

are not t distributed for finite size samples – nor are the corresponding null distributions of differences in scaled deviances F distributed. Thus approximate methods for computing the approximate degrees of freedom for t distributions, or the denominator degrees of freedom for F statistics, are at best *ad hoc* solutions“.

Die Angabe von p -Werten ist jedoch in der didaktischen Forschung durchaus üblich, sodass die (*approximierten*) p -Werte durchaus wünschenswert sind. Für die Berechnung präsentieren die Autoren Bates et al. (2014) eine Vielzahl an Methoden inkl. Verweise auf die entsprechenden Pakete in R.

In dieser Arbeit erfolgte die Berechnung der approximierten p -Werte über das empfohlene Zusatzpaket `lmerTest`, welches Parameter-Level-Tests oder sequentielle Tests aller Effekte in einem Modell, sowie Korrekturen für kleine Gruppen ($N < 50$) ermöglicht.

6.7 STRUKTURGLEICHUNGSMODELLE

Mit den oben vorgestellten Regressions- bzw. Mehrebenenmodellen kann die Wirkung von einer oder mehreren unabhängigen Variablen auf eine einzelne abhängige Variable bestimmt werden. In sog. *Strukturgleichungsmodellen* werden verschiedene Regressionsmodelle miteinander zu einem Gesamtmodell „verbunden“ (Kopp & Lois, 2014). Damit prüfen diese Weiterentwicklungen der Pfadanalyse nicht nur Annahmen bezüglich wechselseitiger Kausalbeziehungen der untersuchten Variablen, sondern zusätzlich Hypothesen, die sich auf latente, also nicht direkt beobachtbare Merkmale und deren Beziehungen untereinander beziehen (Bortz & Döring, 2006). Auf die Methodik des Verfahrens dieser *linearen Strukturgleichungsmodellierung* (engl. „Structural Equation Modelling“, kurz SEM) soll an dieser Stelle überblicksartig eingegangen werden. Für eine detailliertere Darstellung sei z.B. auf Bortz und Döring (2006), Kopp und Lois (2014), Moosbrugger und Keleva (2012), Schäfer (2010), Werner (2015) verwiesen.

GRUNDGEDANKEN Grundsätzlich handelt es sich bei dem SEM-Verfahren nicht um ein exploratives (Struktur-entdeckendes), sondern um ein *konfirmatorisches* (Struktur-prüfendes) Verfahren. Daher ist es unerlässlich, im Voraus sachlogische Kausalbeziehungen zwischen den Variablen herzustellen. Dieses theoretisch fundierte Hypothesensystem kann dann mit empirisch gewonnenem Datenmaterial abgeglichen werden (Schäfer, 2010). Im Grunde handelt es sich bei Strukturgleichungsmodellen um eine Erweiterung der *Pfadanalyse*. Bei der Pfadanalyse können Zusammenhänge (gerichtet und ungerichtet) zwischen mehreren *Variablen* dargestellt werden (direkt und indirekt). Die Erweiterung auf ein *Strukturgleichungsmodell* ermöglicht es, diese Zusammenhänge zwischen mehreren *hypothetischen Konstrukten* abzubilden (vgl. Abb. 38). Diese Beziehungen ergeben sich aus theoretischen Überlegungen. Dabei gestattet das SEM-Verfahren es jedoch nicht, Kausalzusammenhänge zu „beweisen“ (Bortz & Döring, 2006).

MODELLIERUNG & TERMINOLOGIE Im Rahmen des SEM-Verfahrens werden grundsätzlich *exogene* (UV) und *endogene* Variablen (AV) unterschieden. Wenn diese

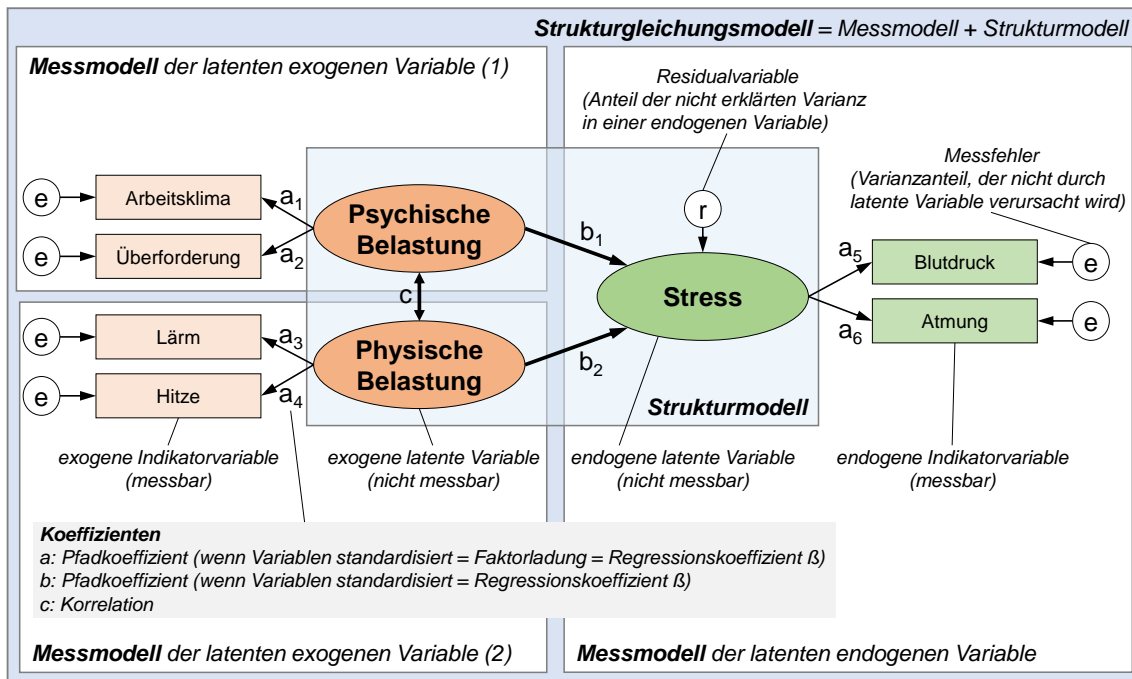


Abb. 38: Beispiel für ein Strukturgleichungsmodell und dessen Terminologie (frei nach Schäfer, 2010).

Variablen nicht direkt beobachtbare Merkmale darstellen (hypothetische Konstrukte), werden sie als *latente* Variablen bezeichnet. In einem sog. *Messmodell* werden dabei die Beziehungen zwischen latenten Variablen und ihren *Indikatorvariablen* (direkt messbare Variablen) bestimmt (im Prinzip eine konfirmatorische Faktorenanalyse). Das Gefüge dieser Beziehungen zwischen den latenten Variablen nennt man *Strukturmodell*. Die Verbindung der Mess- und Strukturmodelle stellt das vollständige *Strukturgleichungsmodell* dar. Diese Terminologie ist anhand eines Beispiels in [Abb. 38](#) ausführlich dargestellt.

Die Beziehungen zwischen den Variablen (exogene und endogene latente bzw. Indikatorvariablen) werden durch sog. *Pfadkoeffizienten* quantisiert, wobei ein größerer Koeffizient auch einem stärkeren Zusammenhang entspricht. Sind die die Variablen *standardisiert*, so entsprechen die Pfadkoeffizienten der *Faktorladung* (Messmodell) bzw. dem Regressionskoeffizient β (Mess- und Strukturmodell) (Schäfer, 2010).

VORGEHEN Der erste Schritt stellt immer die *Hypothesenbildung* dar, d.h. die Überlegung *vor* der Modellierung (theoriegeleitet bzw. auf Basis erfolgter Ergebnisse mit demselben Datensatz), zwischen welchen Variablen bzw. Konstrukten Beziehungen oder kausale Wirkketten angenommen werden (Bortz & Döring, 2006). In dem zweiten Schritt erfolgt dann das Erstellen der daraus abgeleiteten *Mess- und Strukturmodelle* (die zusammen das *Strukturgleichungsmodell* bilden; vgl. [Abb. 38](#)). Technisch erfolgt die Modellierung i.d.R. in Standardprogrammen (z.B. Stata, MPlus, R) bzw. in eigens dafür existierenden Programmen (z.B. LISREL). In dieser Untersuchung erfolgt das SEM-Verfahren in R mit dem Paket *sem* (Fox, Nie & Byrnes, 2017). Analog zur konfirmatorischen Faktorenanalyse (CFA; [Abschnitt 6.3.2](#) auf [Seite 107](#)) kann die *Modellpassung* dann unter Berücksichti-

Tab. 16: Beurteilung des Modellfits für Strukturgleichungsmodelle anhand dafür vorgeschlagenen Fit-Maße (Kenny, 2015).

KENNZAHL	GUTER FIT	AKZEPTABLER FIT
SRMR	≤ 0.05	≤ 0.10
RMSEA	≤ 0.05	≤ 0.08
TLI	≥ 0.95	≥ 0.90
NFI	≥ 0.95	≥ 0.90

SRMR: *Standardized Root Mean Square of the Residuals*, RMSEA: *Root Mean Square Error of Approximation*, TLI: *Tucker Lewis Index*, NFI: *Normed Fit Index*.

gung der Stichprobengröße mit einer Vielzahl an „Goodness-of-Fit“-Gütemaßen beurteilt werden.

Dabei ist grundsätzlich – selbst bei einem passenden Modell – zu beachten, „dass auch andere, nicht getestete Modellvarianten eine ebenso gute oder bessere Modellpassung aufweisen können. Wird das Modell durch die beobachteten Daten ganz oder teilweise widerlegt, kann entweder das Modell revidiert oder die Widerlegung akzeptiert werden. Extensive Modellmodifikationen zur Verbesserung der Passung gefährden allerdings den konfirmatorischen Charakter dieses Verfahrens“ (Kopp & Lois, 2014, S. 207). Des Weiteren ist insbesondere zu beachten, dass sich mit dem gleichen empirischen Datensatz immer mehrere, und häufig sogar sehr unterschiedliche Modelle identifizieren lassen (Bortz & Döring, 2006). Auch aus diesem Grund sollte hier auf extensive Modifikationen zur Modellverbesserung verzichtet werden.

PRÜFEN DER MODELLGÜTE Die Modellpassung kann mit einer Vielzahl an Fit-Gütemaßen beurteilt werden. Für Strukturgleichungsmodelle werden in dieser Untersuchung die von Bortz und Döring (2006, S. 522) und Kenny (2015) vorgeschlagenen Kenngrößen verwendet (vgl. Tab. 16). Dazu ist anzumerken, dass diese Kennwerte nicht allzu starr verwendet, sondern eher als *Richtlinien* angesehen werden sollten. So muss etwa eine Modellierung mit guten Fit-Indizes nicht zwingend bedeuten, dass das Modell wirklich valide ist (Kenny, 2015; Kopp & Lois, 2014). Analog gilt für Modelle mit teilweise nicht akzeptablen Fitwerten aber auch, dass diese nicht unbedingt verworfen werden müssen (Moss, 2016). Inhaltlich valide und als Gesamtmodell akzeptabel ist ein Modell erst dann, wenn dieses *in Anbetracht der Komplexität* zum Einen *inhaltlich schlüssig* und zum Anderen *mit der Theorie bzw. den Vorbetrachtungen vereinbar* ist.

6.8 UNTERSUCHUNG VON UNTERSCHIEDEN

Im Folgenden werden überblicksartig typische Verfahren zur Untersuchung von *Unterschieden* von Datensätzen (Mittelwerte, Varianzen und Häufigkeiten) vorgestellt. Sofern nicht anders angegeben, sind die Angaben von Schwarz (2016) entnommen.

6.8.1 Signifikanztests

Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit

Der χ^2 -Test testet, ob die Varianz einer Variablen in einer Stichprobe (Stichprobenvarianz) mit deren Varianz in der Grundgesamtheit (Populationsvarianz) übereinstimmt (Schwarz, 2016). Es handelt sich um einen nicht-parametrisches, ungerichtetes statistisches Verfahren mit einer Teststatistik, die einer χ^2 -Verteilung folgt.

VORAUSSETZUNGEN Die Voraussetzungen decken sich mit den Voraussetzungen der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (Abschnitt 6.8.2):

- die Variable ist intervallskaliert,
- es liegen keine Ausreißer vor,
- das Merkmal ist in der Grundgesamtheit normalverteilt,
- die Varianz in der Grundgesamtheit ist bekannt.

TESTSTATISTIK Die Berechnung der Teststatistik erfolgt über die *Populationsvarianz*, die *Stichprobenvarianz* und die *Stichprobengröße*. Die Populationsvarianz erhält man i.d.R. aus einer repräsentativen Stichprobe, es ist also nicht nötig, die gesamte Population zu untersuchen.

Um zu untersuchen, ob sich die Populationsvarianz und die Stichprobenvarianz unterscheiden, wird die Teststatistik χ^2 und die Anzahl der Freiheitsgrade df ermittelt:

$$\chi^2 = \frac{(n - 1) \cdot s^2}{\sigma^2} \quad (25a)$$

$$df = N - 1 \quad (25b)$$

mit s^2 : Stichprobenvarianz;

σ^2 : Populationsvarianz;

N : Stichprobengröße.

Um zu prüfen, ob sich die beiden Varianzen s^2 und σ^2 signifikant unterscheiden, wird der errechnete χ^2 -Wert mit dem Wert der χ^2 -Verteilung (bei gegebener Anzahl der Freiheitsgrade df und dem gewählten Signifikanzniveau α (Irrtumswahrscheinlichkeit für einen Fehler 1. Art)) verglichen. Ist der Wert der Teststatistik höher als der Wert der Verteilung (kritischer Wert), so unterscheiden sich die beiden Varianzen signifikant.

Chi-Quadrat-Anpassungstest

Die χ^2 -Verteilung kann auch verwendet werden, um zu prüfen, ob sich die Häufigkeitsverteilung einer kategorialen Variable von einer theoretisch angenommenen Verteilung unterscheidet (Schwarz, 2016). Diesen Test nennt man χ^2 -Anpassungstest¹⁷ (engl. „Goodness of fit test“).

VORAUSSETZUNGEN

- die Variable ist kategorial (nominal- oder ordinalskaliert),
- die erwartete Häufigkeit in jeder Kategorie muss mindestens 1 betragen.

TESTSTATISTIK Die Berechnung der Teststatistik erfolgt über die *beobachteten (empirischen) und die erwarteten (postulierten) Häufigkeiten*. Anhand der χ^2 -Teststatistik lässt sich prüfen, wie gut die beiden Häufigkeitsverteilungen übereinstimmen:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(h_{bj} - h_{ej})^2}{h_{ej}} \quad (26a)$$

$$df = k - 1 \quad (26b)$$

mit k : Anzahl der zu vergleichenden Kategorien (z.B. $k = 2$, wenn Frauen und Männern verglichen werden sollen);

h_{bj} : beobachtete absolute Häufigkeit der Kategorie j ;

h_{ej} : erwartete absolute Häufigkeit der Kategorie j .

Die Prüfung auf statistische Signifikanz ist der des χ^2 -Tests für Unabhängigkeit.

F-Test

Der *F-Test* testet, ob die Varianzen von zwei Stichproben im statistischen Sinne gleich sind (homogen) und folglich aus derselben Grundgesamtheit stammen (Schwarz, 2016).

VORAUSSETZUNGEN

- die Variable ist intervallskaliert,
- die Grundgesamtheit der Variable ist normalverteilt,
- die zu vergleichenden Gruppen sind voneinander unabhängig.

TESTSTATISTIK Die Berechnung der Teststatistik erfolgt über die *Varianzen* der beiden Stichproben. Um zu untersuchen, ob sich die beiden Stichproben 1 und 2

¹⁷ Auch unter den Begriffen *Pearson Chi-Quadrat-Test*, *Chi-Quadrat-Homogenitätstest* oder *Einstichproben-Chi-Quadrat-Test* bekannt.

unterscheiden, wird die Teststatistik F und die Anzahl der Freiheitsgrade df_1 und df_2 ermittelt:

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad (27a)$$

$$df_1 = N_1 - 1 \quad (27b)$$

$$df_2 = N_2 - 1 \quad (27c)$$

mit s_1^2 : Varianz der Stichprobe 1;

s_2^2 : Varianz der Stichprobe 2;

N_1 : Größe der Stichprobe 1;

N_2 : Größe der Stichprobe 2.

Um zu prüfen, ob sich die beiden Varianzen s_1^2 und s_2^2 signifikant unterscheiden, wird der errechnete F -Wert mit dem Wert der F -Verteilung (bei gegebener Anzahl der Freiheitsgrade df_1 & df_2 und dem gewählten Signifikanzniveau α) verglichen. Ist der Wert der Teststatistik höher als der Wert der Verteilung (kritischer Wert), so unterscheiden sich die beiden Varianzen signifikant.

Zweistichproben-t-Test für unabhängige Stichproben

Der t -Test für zwei unabhängige Stichproben testet, ob die Mittelwerte zweier unabhängiger Stichproben verschieden sind (Schwarz, 2016).

VORAUSSETZUNGEN

- die abhängige Variable ist intervallskaliert,
- es liegt eine unabhängige Variable vor, mittels der die beiden zu vergleichenden Gruppen gebildet werden,
- normalverteilte Grundgesamtheiten der abhängigen Variablen beider Gruppen,
- Varianzhomogenität,
- die Messwerte sind voneinander unabhängig.

TESTSTATISTIK Die Berechnung der Teststatistik t erfolgt über die *Mittelwerte* der beiden Stichproben (Zähler), sowie den *Standardfehler der Verteilung der Mittelwertsdifferenzen* (Nenner) (Hemmerich, 2018):

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_{pooled} \cdot \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \quad (28a)$$

$$s_{pooled} = \sqrt{\frac{(N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2}{N_1 + n_2 - 2}} \quad (28b)$$

$$df = N_1 + N_2 - 2 \quad (28c)$$

mit \bar{X}_1, \bar{X}_2 : Mittelwerte der Variablen X_1 und X_2 ;
 N_1, N_2 : Stichprobengröße der beiden Stichproben;
 s_1, s_2 : Standardabweichung der Variablen X_1 bzw X_2 ;
 s_{pooled} : gepoolte Standardabweichung (bei ähnlicher (homoskedastischer) Varianz beider Gruppen).

Um zu prüfen, ob sich die Mittelwerte der beiden Stichproben signifikant unterscheiden, wird der errechnete t -Wert mit dem Wert der theoretischen t -Verteilung (bei gegebener Anzahl der Freiheitsgrade df und dem gewählten Signifikanzniveau α) verglichen. Ist der Wert der Teststatistik höher als der Wert der Verteilung (kritischer Wert), so unterscheiden sich die beiden Mittelwerte signifikant.

Zweistichproben- t -Test für abhängige Stichproben

Der t -Test für zwei abhängige Stichproben testet, ob die Mittelwerte zweier abhängiger Stichproben verschieden sind (Schwarz, 2016). *Abhängig* (bzw. *verbunden*) bedeutet hierbei, dass sich die Messwerte der Stichprobe 1 und der Stichprobe 2 gegenseitig beeinflussen (z.B. bei Messwiederholungen, wie *Pre-Post-Tests*).

VORAUSSETZUNGEN

- die abhängige Variable ist intervallskaliert,
- obwohl zwei verbundene Stichproben vorliegen, sind die verschiedenen Messwertpaare voneinander unabhängig,
- die Differenzen zwischen den verbundenen Testwerten sind in der Grundgesamtheit normalverteilt.

TESTSTATISTIK Die Berechnung der Teststatistik t erfolgt über den *Mittelwert der Differenzen der Messwertpaare* der beiden Stichproben (Zähler), sowie den *Standardfehler der Verteilung der Mittelwertsdifferenzen* (Nenner) (Schwarz, 2016):

$$t = \frac{\bar{x}_D}{s_D \cdot \sqrt{\frac{1}{N}}} \quad (29a)$$

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i - \bar{x}_D)^2}{N - 1}} \quad (29b)$$

$$df = 2 \cdot N - 2 \quad (29c)$$

mit \bar{x}_D : Mittelwert der Differenzen der Messwertpaare;
 s_D : Standardabweichung der Differenzen der Messwertpaare;
 d_i : Differenz des Messwertpaares i ;
 N : Stichprobengröße.

Die Prüfung auf statistische Signifikanz ist identisch zum t -Test für unabhängige Stichproben.

6.8.2 Varianzanalyse

Soll untersucht werden, ob sich die normalverteilten, intervallskalierten Mittelwerte *von mehr als zwei* unabhängigen Gruppen unterscheiden, so wird eine sog. *Varianzanalyse* – auch als ANOVA bezeichnet (von engl. „Analysis of Variance“) – durchgeführt. Die Unterscheidung der Gruppen ist dabei durch eine kategoriale unabhängige Variable definiert, die im Kontext einer ANOVA als *Faktor* bezeichnet wird. Grundsätzlich wird hierdurch entschieden, um welche Art der Varianzanalyse es sich handelt:

Von einer *einfaktoriellen Varianzanalyse* spricht man, wenn nur eine Gruppierungsvariable verwendet wird – z.B. wenn ein Testergebnis zwischen Schulklassen verglichen werden soll (eindimensional). Mit einer *mehrfaktoriellen Varianzanalyse* können hingegen Mittelwertsunterschiede hinsichtlich mehrerer unabhängiger Variablen untersucht werden – z.B. wenn ein Testergebnis zwischen Schulklassen und Geschlecht verglichen werden soll (zweidimensional).

Das Prinzip der Varianzanalyse besteht in der Varianzzerlegung der abhängigen Variable. Die Gesamtvarianz wird in einen Varianzanteil *innerhalb der Gruppen* und einen Varianzanteil *zwischen den Gruppen* zerlegt. In einer ANOVA werden diese beiden Anteile miteinander verglichen (Schwarz, 2016).

Einfaktorielle Varianzanalyse

VORAUSSETZUNGEN

- die abhängige Variable ist intervallskaliert und normalverteilt
- die Gruppierungsvariable (Faktor) ist kategorial (nominal- oder ordinalskaliert)
- die durch den Faktor gebildeten Gruppen sind unabhängig voneinander
- Varianzhomogenität innerhalb der Gruppen

PRINZIP Wie schon berichtet, besteht das Prinzip der Varianzanalyse in der Varianzzerlegung der abhängigen Variable in die beiden Anteile *innerhalb der Gruppen* und *zwischen den Gruppen* (nach Schwarz, 2016). Dazu wird zunächst die *Gesamtquadratsumme* SS_{total} (von engl. „Sum of Squares“) ermittelt. Diese quadriert und summiert alle individuellen Abweichungen vom Gesamtmittelwert \bar{y} :

$$SS_{total} = \sum_{g=1}^G \sum_{k=1}^{K_g} (y_{gk} - \bar{y})^2 \quad (30)$$

mit \bar{y} : Gesamtmittelwert der abhängigen Variable Y ;

g : Laufindex der Gruppen von 1 bis G ;

k : Laufindex der Individuen innerhalb einer Gruppe von 1 bis K_g ;

K_g : Gruppengröße der Gruppe g .

Diese *Gesamtquadratsumme* SS_{total} wird nun in die *Quadratsumme zwischen den Gruppen* $SS_{zwischen}$ und die *Quadratsumme innerhalb der Gruppen* $SS_{innerhalb}$ zerlegt:

$$SS_{total} = SS_{zwischen} + SS_{innerhalb} \quad \text{wobei} \quad (31a)$$

$$SS_{zwischen} = \sum_{g=1}^G K_g (\bar{y}_g - \bar{y})^2 \quad (31b)$$

$$SS_{innerhalb} = \sum_{g=1}^G \sum_{k=1}^{K_g} (y_{gk} - \bar{y}_g)^2 \quad (31c)$$

$$(31d)$$

mit \bar{y} : Gesamtmittelwert der abhängigen Variable Y ;

\bar{y}_g : Gruppenmittelwert der abhängigen Variable Y für die Gruppe g ;

K_g : Gruppengröße der Gruppe g .

Je größer nun die Quadratsumme zwischen den Gruppen $SS_{zwischen}$ im Vergleich zu $SS_{innerhalb}$ ist, desto größer ist die Varianz *zwischen* den Gruppen; d.h. die Gruppen unterscheiden sich im Bezug auf die abhängige Variable Y stärker als innerhalb der Gruppen.

TESTSTATISTIK Die Berechnung der Teststatistik F erfolgt über die *mittleren Quadratsummen* $MS_{zwischen}$ und $MS_{innerhalb}$ (von engl. „Mean Squares“). Dazu werden die Gesamtquadratsummen SS durch ihre jeweiligen Freiheitsgrade df dividiert:

$$MS_{zwischen} = \frac{SS_{zwischen}}{df_{zwischen}} \quad (32a)$$

$$MS_{innerhalb} = \frac{SS_{innerhalb}}{df_{innerhalb}} \quad (32b)$$

$$df_{zwischen} = G - 1 \quad (32c)$$

$$df_{innerhalb} = K_{total} - G \quad (32d)$$

mit K_{total} : Stichprobengröße über alle Gruppen hinweg;

G : Anzahl der Gruppen (Faktorstufen).

Daraus folgt die Teststatistik F mit:

$$F = \frac{MS_{zwischen}}{MS_{innerhalb}} \quad (33)$$

Um zu prüfen, ob sich die Mittelwerte der Gruppen signifikant unterscheiden, wird der errechnete F -Wert mit dem Wert der durch die beiden Freiheitsgrade df bestimmten theoretischen F -Verteilung (bei gewählten Signifikanzniveau α (Irrtumswahrscheinlichkeit für einen Fehler 1. Art)) verglichen. Ist der Wert der Teststatistik höher als der Wert der Verteilung (kritischer Wert), so unterscheiden sich die Gruppen signifikant.

Mehrfaktorielle Varianzanalyse

Im Gegensatz zur einfaktoriellen Varianzanalyse werden hier Mittelwertsunterschiede hinsichtlich mehrerer unabhängiger Variablen untersucht. Die Voraussetzungen und das Prinzip bleiben dabei gleich, jedoch wird die Gruppenzugehörigkeit weiter aufgeteilt, da mehr als ein Faktor vorliegt und diese zusätzlich *interagieren*: Als *Haupteffekt* wird der direkte Effekt eines Faktors auf die AV bezeichnet. Das Zusammenwirken von zwei Faktoren hingegen bezeichnet man als *Interaktion*: die Wirkung des einen Faktors ist abhängig von dem anderen Faktor (und umgekehrt). Wenn z.B. ein Testergebnis zwischen Schulklassen (Faktor 1) und Geschlecht (Faktor 2) verglichen werden soll, so ist neben den Haupteffekten auch eine *Interaktion* von Schulklasse und Geschlecht denkbar, d.h. dass sich der Effekt des Geschlechts auf die Testergebnisse sich je nach Schulklassenzugehörigkeit unterscheidet (und umgekehrt).

Für jeden Faktor und für jede Interaktion wird demnach auch eine eigene Teststatistik F berechnet. Im Falle des o.g. Beispiels würden also $F_{\text{Gesamtmodell}}$, $F_{\text{Schulklasse}}$ (Faktor 1), $F_{\text{Geschlecht}}$ (Faktor 2) & $F_{\text{Schulklasse} \times \text{Geschlecht}}$ (Interaktion der Faktoren 1 und 2) errechnet.

Die Prüfung auf statistische Signifikanz ist der des F -Tests für die einfaktorielle Varianzanalyse identisch.

Multivariate Varianzanalyse

Bei der *multivariaten Varianzanalyse* – auch als MANOVA bezeichnet (von engl. „Multivariate Analysis of Variance“) – werden Unterschiede zwischen Gruppen geprüft, die sich auf *mehr als eine* abhängige Variable (AV) beziehen. Es geht also um die Frage, ob ein Faktor einen Einfluss auf *mehrere* AV hat: Im Gegensatz zur ANOVA untersucht eine MANOVA mehrere abhängige Variablen gleichzeitig.

Eine MANOVA hat dieselben Voraussetzungen wie eine ANOVA. Zusätzlich gilt, dass die AV nicht zu stark (und nicht zu wenig) korrelieren sollen; Mayers (2013) gibt hierzu den Empfehlungsbereich $0.3 < r < 0.9$ an.

Der Vorteil einer MANOVA gegenüber mehreren separaten ANOVAs für jede AV (wiederholte ANOVA) liegt in der höheren „Detektionskraft“ hinsichtlich der Gruppenunterschiede (größere Testpower). Mehrere kleine, für sich genommen nicht signifikante Unterschiede in einzelnen AVs können als Ganzes betrachtet durchaus signifikant sein.

Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass sich die abhängigen Variablen nicht *gegenläufig* verhalten (Effekte blieben von MANOVA unentdeckt; wohl aber von wiederholten ANOVAs entdeckt) und auch keine *Multikollinearität* der abhängigen Variablen auftritt (würde zu unberechtigt signifikanten Ergebnissen führen).

ALTERNATIVE Unter Umständen, insbesondere bei Gegenläufigkeit der AV, kann die Interpretation der Ergebnisse einer MANOVA sehr schwierig werden. Eine Alternative stellt daher eine wiederholte ANOVA für jede AV dar (multiples Testen). Zu beachten ist hierbei jedoch die Kumulierung des α -Fehlers, welcher mit entsprechenden Methoden begegnet werden muss ([Abschnitt 6.8.3](#)).

Einbezug von Kovariaten

Gibt es eine metrische Variable, die einen Einfluss auf die abhängige Variable hat, dessen Einfluss aber kontrolliert werden soll (da diese Variable nicht Teil der Fragestellung ist), so sollte auch diese Variable als sog. *Kovariate* (kurz KV) beachtet werden.

Wird eine Kovariate im Rahmen einer Varianzanalyse einbezogen, so spricht man auch von einer *Kovarianzanalyse* (kurz ANCOVA bzw. MANCOVA).

VORAUSSETZUNGEN Neben den Voraussetzungen der ANOVA müssen weitere im Bezug auf die Kovariate erfüllt sein (Mayers, 2013):

- die Korrelation zwischen AV und KV sollte im Bereich von $0.3 < r < 0.9$ liegen,
- Unabhängigkeit von KVs und UV,
- Homogenität der Regressionssteigungen in jeder Gruppe.

6.8.3 Post-hoc-Tests und Multiples Testen

Mit sog. *Post-hoc-Tests* können mittels ANOVA ermittelte signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen noch genauer untersucht werden. So kann geklärt werden, zwischen welchen Gruppen besonders große Unterschiede bestehen und welche Gruppen so ähnlich sind, dass sie zusammengefasst werden können.

Dazu werden zwischen allen Gruppen paarweise *t*-Tests durchgeführt (*multiple Testen*). Zu beachten ist hierbei die sog. *α -Fehler-Kumulierung*: Werden n Tests mit dem Signifikanzniveau α auf dem gleichen Datensatz durchgeführt, so steigt die Wahrscheinlichkeit π für einen α -Fehler (die fälschliche Ablehnung der Nullhypothese) mit der Anzahl der Vergleiche (Schwarz, 2016):

$$\pi = 1 - (1 - \alpha)^n \quad (34)$$

Werden also beispielsweise $n = 10$ Paarvergleiche mittels *t*-Test ($\alpha = 5\%$) durchgeführt, so beträgt die Wahrscheinlichkeit einen α -Fehler zu begehen $\pi = 1 - (1 - 0.05)^{10} \approx 0.4 = 40\%$. Um dieses Problem zu beheben, gibt es verschiedene Möglichkeiten (McDonald, 2014; Victor, Elsasser, Hommel & Blettner, 2010):

1. Kontrolle der *familywise error rate*: Bonferroni-Korrektur

Die *familywise error rate* beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mindestens eine von allen untersuchten Nullhypothesen fälschlich abzulehnen. Diese kontrolliert man, indem nicht jeder *p*-Wert mit dem Gesamtniveau α_g verglichen wird, sondern eine kleinere Grenze α_i für jeden einzelnen *p*-Wert gewählt wird. Die sog. *Bonferroni-Korrektur* sieht vor, das Gesamtniveau α_g durch die Anzahl n der durchgeführten Tests zu teilen (und jeden *p*-Wert mit der Bonferroni-korrigierten Schranke α_B zu vergleichen)¹⁸:

$$\alpha_B = \frac{\alpha_g}{n} \quad (35)$$

¹⁸ Dementsprechend kann auch der *p*-Wert nach gleichem Verfahren vergrößert (adjustiert) und dieser *adjustierte p-Wert* dann mit dem multiplen Gesamtniveau α_g (z.B. 5%) verglichen werden.

Der Nachteil dieser recht simplen Methode liegt darin, dass gerade bei großem n das Signifikanzniveau so gering wird, dass wegen der geringen Testpower wahre Aussagen übersehen werden können. Dieser konservative Ansatz ist in medizinischen Studien auch durchaus angebracht, um die fälschliche Ablehnung der Nullhypothese strikt zu kontrollieren, scheint für sozialwissenschaftliche Studien aber zu konservativ sein. Denn hier kann es durchaus wichtiger sein, möglichst „wenige potenzielle Ansatzpunkte zu verpassen und dafür einige fälschlich signifikante Hypothesen in Kauf zu nehmen“ (Victor et al., 2010, S. 55). Hier bietet sich die Kontrolle der *false discovery rate* als weniger strikte Möglichkeit der Fehlerkontrolle an:

2. Kontrolle der *false discovery rate*: Benjamini-Hochberg-Verfahren

Unter der *false discovery rate* versteht man den erwarteten Anteil der fälschlich abgelehnten von allen abgelehnten Hypothesen. Wird die *false discovery rate* kontrolliert, erreicht man mit multiplen Tests auch mehr Power, nimmt jedoch im gleichen Zuge auch mehr falschpositive Aussagen in Kauf. In klinischen Studien wäre dies sehr problematisch, in eher explorativ angelegten Untersuchungen (wie dieser) ist dies durchaus in Ordnung. Eine Möglichkeit zur Kontrolle der *false discovery rate* stellt das sog. Benjamini-Hochberg-Verfahren dar (Benjamini & Hochberg, 1995). Die Idee ist hierbei, dass jedem p -Wert eine eigene Schranke S_{BH} zugeordnet wird.

Dazu werden alle p -Werte von klein zu groß geordnet und dem jeweiligen Rang i zugeordnet (kleinster p -Wert hat den Rang $i = 1$, zweitkleinster $i = 2$, usw.). Anschließend wird für jeden p -Wert die Schranke $S_{BH}(i)$ in Abhängigkeit von der Anzahl an durchgeführten Tests n und der (vorher gewählten) *false discovery rate* FDR berechnet:

$$S_{BH}(i) = \frac{i}{n} \cdot FDR \quad (36)$$

mit

i : Rang des p -Werts (kleinster p -Wert hat den Rang $i = 1$, zweitkleinster $i = 2$, usw.);

n : Anzahl der Tests;

FDR : (vorher gewählte) *false discovery rate*.

Zuletzt wird der größte p -Wert, für den gerade noch $p > S_{BH}(i)$ gilt, identifiziert. Nun gilt: *Alle kleineren p -Werte, also auch die, für die $p \leq S_{BH}(i)$ gilt, sind signifikant*¹⁹.

Zu bemerken ist, dass die *false discovery rate* FDR *nicht* mit der Signifikanzniveau α gleichzusetzen ist. Gerade für explorative Studien, bei denen es wichtig ist, potenzielle Ansatzpunkte aufzudecken, empfiehlt McDonald (2014) eine recht hohe FDR von 10 bis 20 %.

¹⁹ Auch hier ist die Angabe von von adjustierten p -Werten üblich (obwohl das Konzept etwas verwirrend ist, da es sich nicht wirklich um p -Werte im eigentlichen Sinne handelt). Ist dieser adjustierte p -Wert kleiner als die *false discovery rate* FDR , so ist der Test signifikant.

6.8.4 Effektmaße

Um die Größe und Bedeutsamkeit eines empirisch analysierten Ergebnisses zu beurteilen, haben sich in der Lehr-Lern-Forschung sog. *Effektstärkemaße* etabliert. Diese dienen dem Zweck, signifikanten Unterschieden eine Bedeutsamkeit zuzuschreiben (Kuhn, Müller, Müller & Vogt, 2010). So können z.B. Mittelwertunterschiede zwischen Treatments zwar signifikant, jedoch trotzdem so gering sein, dass nicht von bedeutenden Unterschieden gesprochen werden kann.

Je nach Analyseverfahren gibt verschiedene Arten die Effektstärke zu messen. An dieser Stelle sollen die in dieser Arbeit verwendeten Maße dargestellt werden:

Effektstärke bei *t*-Tests

Üblich ist die Angabe von Effektstärken in Form von *Cohens d* und dem *Korrelationskoeffizienten r* von Pearson:

$$d = \left| \frac{2t}{\sqrt{df}} \right| \quad (37)$$

$$r = \left| \sqrt{\frac{t^2}{t^2 + df}} \right| \stackrel{(Gl. 37)}{=} \frac{d}{\sqrt{d^2 + 4}} \quad (38)$$

mit t : Teststatistik t ;

df : Anzahl der Freiheitsgrade.

Während r zwischen 0 (kein Effekt) und 1 (maximaler Effekt) liegt, gibt es bei d keine obere Grenze. Unterschieden sich die zu untersuchenden Gruppen hinsichtlich ihrer Größe stark, so wird die Verwendung von d empfohlen, da r durch die Größenunterschiede verzerrt werden kann (Schwarz, 2016).

Zur Beurteilung der Größe des Effekts kann die Einteilung von Cohen (1992) herangezogen werden; vgl. dazu Tab. 17 auf Seite 138.

Effektstärke bei Varianzanalysen

Die Angabe der Effektstärken für die einzelnen Effekte bei einer ANOVA erfolgt über das partielle η_p^2 (*Eta-Quadrat*), welches für sich genommen schon ein Effektmaß darstellt (Schwarz, 2016):

$$\eta_p^2 = \frac{SS_{\text{Effekt}}}{SS_{\text{total}}} = \frac{SS_{\text{Effekt}}}{SS_{\text{Effekt}} + SS_{\text{innerhalb}}} \quad (39)$$

mit SS_{total} : Gesamtquadratsumme der Varianz (SS von engl. „Sum of Squares“);

SS_{Effekt} : Summenquadrat der durch den Effekt erklärten Varianz;

$SS_{\text{innerhalb}}$: Summenquadrat Varianz innerhalb der Gruppen (Fehlervarianz oder Residualvarianz).

Problematisch ist dabei, dass die aufgeklärte Varianz immer überschätzt wird. Daher sollte das weniger verzerrte (da es die Anzahl der Gruppen bei der Berechnung der Varianzaufklärung miteinbezieht) Effektmaß ω^2 (*Omega-Quadrat*)

berechnet werden. Dieses wiederum lässt sich aus dem Effektstärkemaß *Cohens f* berechnen (Hemmerich, 2018):

$$f = \sqrt{\frac{\eta_p^2}{1 - \eta_p^2}} \quad (40)$$

$$\omega^2 = \frac{f^2}{1 + f^2} \quad (41)$$

Alle drei Effektmaße sind in der Lehr-Lern-Forschung üblich; während η_p^2 und ω^2 zwischen 0 und 1 variieren, kann Cohens f beliebige Werte ≥ 0 annehmen. Zur Beurteilung der Größe des Effekts kann die Einteilung von Cohen (1988) herangezogen werden; vgl. dazu Tab. 17 auf Seite 138.

Effektstärke bei Regressionsanalysen

Das bei Regressionsanalysen ausgegebene R^2 (*R-Quadrat*) bzw. das korrigierte R_*^2 , kann in das Effektstärkemaß *Cohens f*² (Cohen, 1992) umgerechnet werden:

$$f^2 = \frac{R^2}{1 - R^2} \quad (42)$$

Cohens f^2 kann beliebige Werte ≥ 0 annehmen. Zur Beurteilung der Größe des Effekts kann die Einteilung von Cohen (1992) herangezogen werden; vgl. dazu Tab. 17 auf Seite 138.

EFFEKTSTÄRKE IN MEHREBENENANALYSEN Im Falle von Mehrebenenanalysen werden neben den festen Effekten auch Zufallseffekte modelliert. Dies hat zur Folge, dass die Varianzaufklärung keine einheitliche Definition mehr besitzt und somit nicht als Effektstärkemaß oder Modellgütemaß herangezogen werden kann.

Als Alternative dazu erfolgt zum besseren Vergleich der Regressionskoeffizienten zusätzlich die Angabe der *standardisierten* Regressionskoeffizienten. Diese erhält man durch Zentrierung der Variablen (vgl. Abschnitt 6.6).

6.9 SOFTWARE

Alle hier beschriebenen statistischen Berechnungen sowie Analysen wurden mit der freien Programmiersprache R in Verbindung mit der integrierten Entwicklungsumgebung RStudio durchgeführt. Für die Software existieren wie in \LaTeX Pakete, die Funktionen und nützliche Berechnungstools enthalten, mit denen die Daten entsprechend ausgewertet werden können. Auch die in dieser Arbeit präsentierten grafischen Repräsentation von Daten wurden mit R erzeugt.

Tab. 17: Einordnung der Effektstärkemaße nach Cohen (1988, 1992).

EFFEKTMASS	METHODE	KLEINER EFFEKT	MITTLERER EFFEKT	GROSSER EFFEKT
r	t -Test	$0.1 \leq r < 0.3$	$0.3 \leq r < 0.5$	$0.5 \leq r$
Cohens d	t -Test	$0.2 \leq d < 0.5$	$0.5 \leq d < 0.8$	$0.8 \leq d$
Cohens f	ANOVA	$0.1 \leq f < 0.25$	$0.25 \leq f < 0.4$	$0.4 \leq f$
ω^2	ANOVA	$0.01 < \omega^2 \leq 0.06$	$0.06 < \omega^2 \leq 0.14$	$0.14 < \omega^2$
η_p^2	ANOVA	$0.01 < \eta_p^2 \leq 0.06$	$0.06 < \eta_p^2 \leq 0.14$	$0.14 < \eta_p^2$
R^2	Regression; MLA	$0.02 \leq R^2 < 0.13$	$0.13 \leq R^2 < 0.26$	$0.26 \leq R^2$
Cohens f^2	Regression	$0.02 \leq f^2 < 0.15$	$0.15 \leq f^2 < 0.35$	$0.35 \leq f^2$

PRÜFUNG DER ERHEBUNGSINSTRUMENTE

Auf Grundlage der in dieser Untersuchung eingesetzten Messinstrumente erfolgen die Analysen der in [Kapitel 4](#) dargelegten Forschungsfragen und somit auch die Interpretation der Ergebnisse. Demnach kommt der Konstruktion inhaltlich valider und reliabler Testinstrumente eine sehr große Bedeutung zu. In diesem Kapitel wird die Prüfung, Analyse und die sich daraus ergebende Anpassung der in dieser Arbeit verwendeten Instrumente dargestellt.

PRÜFASPEKTE Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Prüfaspekte und Analyseschritte für jedes Instrument überblicksartig in [Tab. 18](#) aufgeführt.

Tab. 18: Prüfaspekte und Analyseschritte der eingesetzten Messinstrumente.

MESSINSTRUMENT	PRÜFASPEKTE UND ANALYSESCHRITTE
Fragebogen für Lernende (T1 & T2)	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentation der verwendeten Items - Beschreibung der Stichprobe (Pilotierung und Hauptstudie) - Prüfung aller eingesetzten Items auf Boden-/Deckeneffekte sowie Ausreißer - Faktorenanalyse (vgl. Abschnitt 6.3.1) - Itemanalyse nach klassischer Testtheorie (Reliabilitätsprüfung; Pilotierung und Hauptstudie; vgl. 6.3.3) - Validitätsprüfung (vgl. 6.3.4) <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung zur Übertragbarkeit der Skalen zur Betreuungsqualität (Kreuzvalidierung (vgl. 6.3.5) mit WIHIC-Fragebogen) - Untersuchung des Zusammenhangs von <i>Rating</i> vs. <i>Wahrnehmung durch Lernende</i> von Betreuungsqualität (Regressionsanalyse; vgl. 6.5.3)
Professionswissenstests und Fragebogen für Betreuende (To)	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentation der verwendeten Items - Evaluation durch Experten - Itemanalyse nach klassischer Testtheorie (Reliabilitätsprüfung) - Dokumentation der Anpassungen
Ratingbogen zur Erfassung der Betreuungsqualität (T2)	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentation der verwendeten Items - Pilotierung des Bogens - Anpassung

Tab. 19: Die Stichprobe der Pilotierung ($N = 74$).

KLASSE	GYMNASIUM	OBERSCHULE	♂	♀	ØALTER
9	25 (53%)	27 (100%)	24 (63%)	28 (78%)	14.35
10	22 (47%)	-	14 (37%)	8 (22%)	15.32
Σ	47 (100%)	27 (100%)	38 (100%)	36 (100%)	

Tab. 20: Die Stichprobe der Hauptstudie ($N = 1490$).

KLASSE	GYMNASIUM	OBERSCHULE	♂	♀	ØALTER
9	432 (44%)	468 (94%)	456 (58%)	444 (63%)	14.73
10	313 (32%)	32 (6%)	173 (22%)	172 (24%)	15.46
11	35 (4%)	-	26 (3%)	9 (1%)	16.97
12	192 (19%)	-	120 (15%)	72 (10%)	17.79
13	18 (2%)	-	7 (1%)	11 (2%)	18.44
Σ	990 (100%)	500 (100%)	782 (100%)	708 (100%)	

7.1 FRAGEBOGEN FÜR LERNENDE (T1 & T2)

7.1.1 Dokumentation der verwendeten Items

Für eine ausführliche Übersicht der eingesetzten Items wird auf [Anhang B](#) verwiesen; die Fragebögen finden sich ebenfalls dort (Fragebogen T1 & T2 für Schüler).

Die *Pilotierung* erfolgte inhaltlich, organisatorisch und methodisch analog zur Hauptstudie, aber zeitlich davor. Im Folgenden ist die vorgenommene Prüfung der Skalen der beiden Fragebögen anhand der in [Tab. 18](#) dargestellten Prüfschritte, sowie die daraus resultierenden Anpassungen der Skalen dokumentiert.

7.1.2 Stichprobe

PILOTIERUNG Im Rahmen der Pilotierung wurden die Fragebögen von insgesamt 78 Lernenden ausgefüllt; davon konnten 74 Datensätze für weitergehende Analysen herangezogen werden. Die übrigen vier wurden aufgrund grober Mängel beim Ausfüllen der Fragebögen nicht berücksichtigt. In [Tab. 19](#) ist die Stichprobe nach Klassenstufe, Schultyp und Alter aufgeschlüsselt.

HAUPTSTUDIE Die Hauptstudie hat einen Umfang von $N = 1627$ (54 Gymnasial- und 26 Oberschulklassen); davon konnten 1490 (91.6%) für weitergehende Analysen herangezogen werden (vgl. [Tab. 20](#)). Die übrigen wurden anhand einiger *Ausschlusskriterien* (siehe unten) nicht berücksichtigt. Das Verhältnis von Lernenden von Gymnasium zu Oberschule beträgt ziemlich genau 2:1. Bemerkenswert ist, dass das Gesamt-Geschlechterverhältnis annähernd ausgeglichen

Tab. 21: Die Verteilung der Lernenden auf die *Kurswahl Physik* in der Hauptstudie ($N = 245$; Lernende des Gymnasiums mit Klassenstufe 11, 12 & 13).

PHYSIK	KLASSE 11	12	13	♂	♀	Σ
abgewählt	-	-	7	-	7	7
Grundkurs	7	104	11	68	54	122
Leistungskurs	28	88	-	85	31	116
Σ	35	192	18	153	92	245

ist; die leichte Mehrheit an männlichen Schülern kommt vor allem durch die Geschlechterverhältnisse in den Klassenstufen 11 und 12 zu Stande. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass vermutlich mehr Jungen als Mädchen die naturwissenschaftlichen Kurse mit Ausnahme von Biologie an Gymnasien wählen (Kessels et al., 2006). Das Verhältnis von Grundkurs zu Leistungskurs Physik ist in Tab. 21 dargestellt.

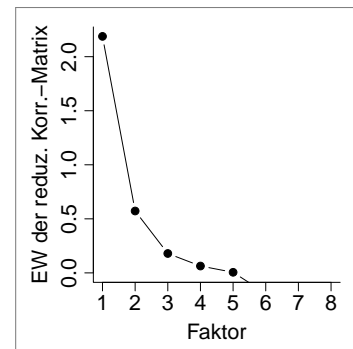
Folgende *hinreichende Ausschlusskriterien* wurden angewendet:

- nur ein Fragebogen ausgefüllt,
- mindestens ein Fragebogen sehr lückenhaft ausgefüllt (z.B. Seite überblättert oder nicht fertig geworden),
- offensichtlich falsch ausgefüllte Fragebögen (z.B. „optische“ Muster),
- bei Skalen mit inversen Items: mind. zwei Skalen vollständig einseitig ausgefüllt (ohne Beachtung inverser Items).

7.1.3 Prüfung der Skalengüte in Pilotierung und Hauptstudie

Kognitive Aktivierung

FAKTORENANALYSE Da diese Skala für die Studie neu aus Items verschiedener Quellen gebildet wurde, wird die explorative Faktorenanalyse (EFA) eingesetzt: Die Analyse der *KMO*-Kriterien legt nahe, die Items Aktiv2 & Aktiv10 von der EFA auszuschließen ($KMO < 0.5$); die Gesamtskala weist eine *mittlere* Eignung der Daten auf ($KMO = 0.73$). Der Scree-Plot (Hauptachsenanalyse – engl. *Principal Axes Factoring*, kurz PAF, rechts) legt die Extraktion nur eines latenten Faktors nahe²⁰. Die Faktorenstruktur der Skala nach PAF (keine Rotation erforderlich) ist in Tab. 22 dargestellt; *SRMR* und *RMSEA* lassen auf eine *adäquate* Modellpassung schließen. Entfernt wurden die Items Aktiv1 & Aktiv5, da diese nur schwach auf den extrahierten Faktor luden und eine geringe Kommunalität aufwiesen.

Tab. 22: Faktorenstruktur der Skala *Kognitive Aktivierung* (Pilotierung; $N = 74$) nach PAF.

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG	h^2
Aktiv1	Ich war heute überfordert. *	0.30	0.09
Aktiv2	Ich musste richtig nachdenken.	-	-
Aktiv3	Immer konzentriert experimentiert.	0.53 (0.70)	0.28 (0.49)
Aktiv4	Alle Experimente erfolgreich durchgeführt.	0.58 (0.55)	0.33 (0.70)
Aktiv5	Aufgabenbearbeitung selbst überlegt.	0.37	0.14
Aktiv6	Eigene Gesprächsbeiträge.	0.60 (0.60)	0.36 (0.65)
Aktiv7	Ich habe Anderen etwas erklärt.	0.50 (0.50)	0.25 (0.75)
Aktiv8	Aufgaben interessierten mich.	0.55 (0.48)	0.30 (0.77)
Aktiv9	Immer aktiv bei der Sache.	0.64 (0.73)	0.41 (0.47)
Aktiv10	Ich war heute unterfordert. *	-	-

Varianzaufklärung (Hauptstudie): 0.36. Modelfit: *SRMR* = 0.08, *RMSEA* = 0.109.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modelfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.35$; Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen von ausgeschl. Items und Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

ITEMANALYSE Die Itemanalyse nach der Pilotierung (Tab. 23; Reliabilitätsanalyse und Betrachtung der Trennschärfe) zeigte, dass eine weitere Itemreduktion nicht sinnvoll ist. Für die Hauptstudie wurden die in Tab. 23 angegebenen Items verwendet (einige Items wurden aufgrund von Deckeneffekten im Wortlaut geändert).

²⁰ Bei der Hauptachsenanalyse werden die Eigenwerte und -vektoren für die reduzierte Kovarianzmatrix berechnet. Diese *reduzierte Kovarianzmatrix* enthält auf der Hauptdiagonalen die *Kommunalitäten*; daher können die Eigenwerte auch *negative* Werte annehmen.

Die Reliabilität der Skala nach der Pilotierung ist als *akzeptabel* zu bezeichnen (Cronbachs $\alpha = 0.73$).

Tab. 23: Itemanalyse der Skala *Kognitive Aktivierung*.

(Pilotierung: 4-stufig Likert (Werte 0 bis 3); Zeitpunkt T2; $\alpha = 0.73$; $N = 74$)

ITEM	MISS	\bar{X}	<i>sd</i>	<i>v</i>	<i>P</i>	r_{it}	α^-
Aktiv3	0.00 %	2.26	0.64	-0.28	0.75	0.42	0.71
Aktiv4	0.00 %	2.45	0.74	-1.3	0.82	0.50	0.68
Aktiv6	0.00 %	2.11	0.69	-0.14	0.70	0.52	0.68
Aktiv7	0.00 %	1.97	0.84	-0.36	0.66	0.39	0.72
Aktiv8	1.35 %	2	0.87	-0.25	0.67	0.46	0.70
Aktiv9	0.00 %	2.24	0.68	-0.59	0.75	0.55	0.67

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd: Standardabweichung, v: Schiefe, P: Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Die Itemanalyse der Hauptstudie (siehe [Tab. 24](#)) zeigt eine leichte Verbesserung der Reliabilität (Cronbachs $\alpha = 0.75$). Für die Auswertung wurden alle Items herangezogen.

Tab. 24: Itemanalyse der Skala *Kognitive Aktivierung*.

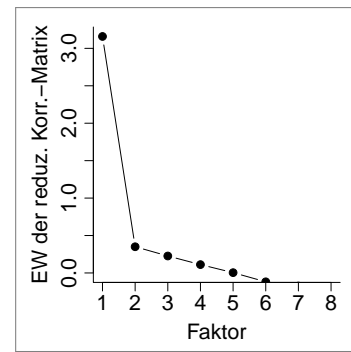
(Hauptstudie: 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); Zeitpunkt T2; $\alpha = 0.75$; $N = 1490$)

ITEM	MISS	\bar{X}	<i>sd</i>	<i>v</i>	<i>P</i>	r_{it}	α^-
Aktiv3	0.87 %	2.85	0.88	-0.55	0.71	0.56	0.69
Aktiv4	0.60 %	3.53	0.67	-1.43	0.88	0.44	0.73
Aktiv6	0.74 %	2.82	0.96	-0.44	0.71	0.53	0.70
Aktiv7	0.60 %	2.31	1.02	-0.23	0.58	0.46	0.72
Aktiv8	0.54 %	2.52	1.07	-0.37	0.63	0.42	0.74
Aktiv9	0.60 %	3.07	0.77	-0.61	0.77	0.58	0.69

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd: Standardabweichung, v: Schiefe, P: Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Konstruktive Unterstützung

FAKTORENANALYSE Da diese Skala neu aus Items verschiedener Quellen gebildet wurde, wird die explorative Faktorenanalyse (EFA) eingesetzt: Die Analyse der KMO-Kriterien zeigt, dass alle Items für die EFA geeignet sind; die Gesamtskala weist eine *gute* Eignung der Daten auf ($KMO = 0.80$). Der Scree-Plot (Principal Axes Factoring, rechts) legt die Extraktion nur eines latenten Faktors nahe. Die Faktorenstruktur der Skala nach PAF (keine Rotation erforderlich) ist in [Tab. 25](#)



dargestellt; *SRMR* und *RMSEA* lassen auf eine *gute bis sehr gute* Modellpassung schließen. Entfernt wurden die Items Unt3, Unt6 & Unt8, da diese nur schwach auf den extrahierten Faktor luden und eine geringe Kommunalität aufwiesen.

Tab. 25: Faktorenstruktur der Skala *Konstruktive Unterstützung* (Pilotierung; $N = 74$) nach PAF.

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG	h^2
Unt1	Fehler als Lerngelegenheit.	0.68 (0.48)	0.46 (0.23)
Unt2	Rückmeldungen immer hilfreich.	0.82 (0.77)	0.67 (0.60)
Unt3	Ausreichend Zeit zu Überlegen.	0.51	0.26
Unt4	Betreuer aufmerksam und hilfreich.	0.76 (0.62)	0.58 (0.39)
Unt5	Betreuer gab hilfreiche Denkanstöße.	0.63 (0.62)	0.40 (0.38)
Unt6	Lösungsansätze gemeinsam entwickelt.	0.49	0.24
Unt7	Betreuer jederzeit da.	0.54	0.29
Unt8	Arbeitshinweise nicht hilfreich. *	0.51	0.26

Varianzaufklärung (Hauptstudie): 0.40. Modelfit: $SRMR = 0.02$, $RMSEA = 0.021$.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modelfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.35$; Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen von ausgeschl. Items und Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

ITEMANALYSE Die Itemanalyse nach der Pilotierung ([Tab. 26](#)) zeigte, dass der Ausschluss des Items Unt7 die Reliabilität der Skala verbessert. Für die Hauptstudie wurden die Items Unt1, Unt2, Unt4 & Unt5 verwendet (zwei der Items wurden aufgrund von Deckeneffekten im Wortlaut geändert). Die Reliabilität der Skala nach der Pilotierung ist als *gut* zu bezeichnen (Cronbachs $\alpha = 0.8$).

Die Itemanalyse der Hauptstudie (siehe [Tab. 27](#)) zeigt eine leichte Verschlechterung der Reliabilität (Cronbachs $\alpha = 0.71$). Für die Auswertung wurden alle Items herangezogen.

Tab. 26: Itemanalyse der Skala *Konstruktive Unterstützung*.
(Pilotierung: 4-stufig Likert (Werte 0 bis 3); Zeitpunkt T2; $\alpha = 0.8$; $N = 74$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
Unt1	0.00 %	2.69	0.55	-1.52	0.90	0.58	0.77
Unt2	0.00 %	2.66	0.53	-1.2	0.89	0.70	0.72
Unt4	0.00 %	2.55	0.58	-0.84	0.85	0.67	0.73
Unt5	0.00 %	2.43	0.7	-1.04	0.81	0.56	0.80

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

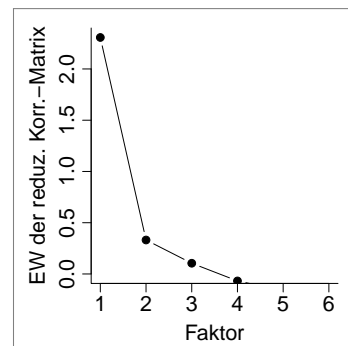
Tab. 27: Itemanalyse der Skala *Konstruktive Unterstützung*.
(Hauptstudie: 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); Zeitpunkt T2; $\alpha = 0.71$; $N = 1490$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
Unt1	1.48 %	3.49	0.72	-1.59	0.87	0.41	0.70
Unt2	0.74 %	3.47	0.68	-1.07	0.87	0.59	0.59
Unt4	1.07 %	3.68	0.59	-1.99	0.92	0.51	0.65
Unt5	1.01 %	3.14	0.78	-0.75	0.79	0.50	0.65

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Lernfreundliches Klima

FAKTORENANALYSE Da diese Skala neu aus Items verschiedener Quellen gebildet wurde, wird die explorative Faktorenanalyse (EFA) eingesetzt: Die Analyse der KMO-Kriterien zeigt, dass alle Items für die EFA geeignet sind; die Gesamtskala weist eine *mittlere* Eignung der Daten auf ($KMO = 0.74$). Der Scree-Plot (Principal Axes Factoring, rechts) legt die Extraktion nur eines latenten Faktors nahe. Die Faktorenstruktur der Skala nach PAF (keine Rotation erforderlich) ist in [Tab. 28](#) dargestellt;



$SRMR$ und $RMSEA$ lassen auf eine *gute bis sehr gute* Modellpassung schließen. Entfernt wurden die Items Klima1, Klima4 & Klima6, da diese nur schwach auf den Faktor luden und eine geringe Kommunalität aufwiesen.

ITEMANALYSE Die Itemanalyse nach der Pilotierung ([Tab. 29](#)) zeigte, dass der Ausschluss des Items Klima5 die Reliabilität der Skala verbessert. Da die Skala jedoch aus nur 3 Items besteht und die Verbesserung marginal ist, wurden für die Hauptstudie alle in [Tab. 29](#) angegebenen Items verwendet. Die Reliabilität der Skala nach der Pilotierung ist als *gut* zu bezeichnen (Cronbachs $\alpha = 0.82$).

Die Itemanalyse der Hauptstudie (siehe [Tab. 30](#)) zeigt eine leichte Verschlechterung der Reliabilität (Cronbachs $\alpha = 0.7$). Für die Auswertung wurden alle Items herangezogen.

Tab. 28: Faktorenstruktur der Skala *Lernfreundliches Klima* (Pilotierung; $N = 74$) nach PAF.

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG	h^2
Klima1	Ich konnte ungestört arbeiten.	0.42	0.18
Klima2	Betreuer hat ausreden lassen.	0.91 (0.74)	0.82 (0.54)
Klima3	Betreuer war freundlich.	0.86 (0.68)	0.74 (0.46)
Klima4	Empfinde Betreuer als humorvoll.	0.41	0.17
Klima5	Gruppe freundlich und rücksichtsvoll.	0.64 (0.61)	0.41 (0.37)
Klima6	Betreuer wusste jederzeit, was passiert.	0.27	0.07

Varianzaufklärung (Hauptstudie): 0.65. Modelfit: SRMR = 0.0.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modelfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.35$; Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen von ausgeschl. Items und Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

Tab. 29: Itemanalyse der Skala *Lernfreundliches Klima*.

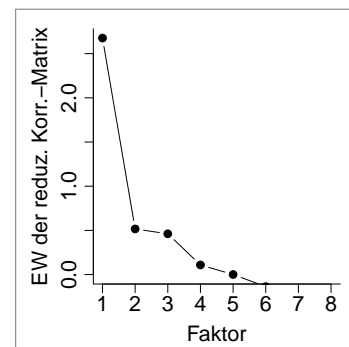
(Pilotierung: 4-stufig Likert (Werte 0 bis 3); Zeitpunkt T2; $\alpha = 0.82$; $N = 74$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
Klima2	0.00 %	2.74	0.44	-1.09	0.91	0.78	0.70
Klima3	0.00 %	2.73	0.56	-1.9	0.91	0.68	0.76
Klima5	0.00 %	2.62	0.61	-1.34	0.87	0.63	0.82

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Klarheit

FAKTORENANALYSE Da diese Skala neu aus Items verschiedener Quellen gebildet wurde, wird die explorative Faktorenanalyse (EFA) eingesetzt: Die Analyse der KMO-Kriterien zeigt, dass alle Items für die EFA geeignet sind; die Gesamtskala weist eine *mittlere* Eignung der Daten auf ($KMO = 0.72$). Der Scree-Plot (Principal Axes Factoring, rechts) legt die Extraktion von 3 latenten Faktoren nahe. Die Faktorenstruktur der Skala nach PAF mit anschließender obliquen Faktorrotation (*promax*) ist in Tab. 31 dargestellt; SRMR und RMSEA lassen auf eine *adäquate* Modellpassung schließen.



Wünschenswert wäre es, wenn es nur einen latenten Faktor geben würde. Im Sinne der *Inhaltsvalidität* passen die Items Klar1, Klar2 & Klar7 am besten mit der Theorie zusammen. Die Ergebnisse der EFA schreiben die Items Klar1, Klar2 & Klar4 dem latenten Faktor 2 und die Items Klar4, Klar5, Klar6 & Klar7 dem latenten Faktor 1 zu. Da die EFA auf Basis einer relativ kleinen Stichprobe (Pilotierung mit $N = 74$) gerechnet wurde und die extrahierten Faktoren 1 und 2 zudem moderat korrelieren ($r = 0.41$) (schiefwinkliger Rotation), wurden zunächst nur die

Tab. 30: Itemanalyse der Skala *Lernfreundliches Klima*.
(Hauptstudie: 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); Zeitpunkt T2; $\alpha = 0.7$; $N = 1490$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
Klima2	1.14 %	3.75	0.52	-2.51	0.94	0.56	0.56
Klima3	1.21 %	3.7	0.54	-1.93	0.92	0.53	0.60
Klima5	1.28 %	3.54	0.72	-1.77	0.88	0.49	0.67

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Items Klar3, Klar8 (Ausschluss latenter Faktor 3) und Klar5 (geringe Kommunalität) für die Itemanalyse entfernt (und die restlichen Items zunächst als eine Skala betrachtet).

Tab. 31: Faktorenstruktur der Skala *Klarheit* (Pilotierung; $N = 74$) nach PAF mit anschließender Promax-Rotation.

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG			h^2
		F1	F2	F3	
Klar1	Jederzeit klar, was ich tun sollte.		0.38	0.57	0.50
Klar2	Betreuer: Gute formulierte Erklärungen.		0.94		0.97
Klar3	Betreuer: Klare Ausdrucksweise.			0.542	0.48
Klar4	Sinn der Experimente klar.	0.38	0.36		0.34
Klar5	Zusammenfassung durch Betreuer.	0.48			0.31
Klar6	Verwendung vieler Beispiele.	0.56			0.41
Klar7	Alles verstanden.	0.74		0.37	0.81
Klar8	Musste häufig nachfragen. *			0.62	0.36

Varianzaufklärung (Pilotierung): $F1$: 0.19, $F2$: 0.16, $F3$: 0.17, Gesamt: 0.53.

Faktorkorrelation: $r(F1, F2) = 0.41$, $r(F1, F3) = 0.48$, $r(F2, F3) = 0.33$

Modelfit: SRMR = 0.07, RMSEA = 0.07.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modelfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.35$; Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen von ausgeschl. Items und Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

ITEMANALYSE Die Itemanalyse nach der Pilotierung (Tab. 32) zeigte, dass der Ausschluss des Items Klar6 die Reliabilität der Skala nur wenig verschlechtert; aus Gründen der Itemreduktion wurde dieses Item daher entfernt. Für die Hauptstudie wurden die Items Klar1, Klar2, Klar4 & Klar7 verwendet. Die Reliabilität der Skala nach der Pilotierung ist als *mittel* zu bezeichnen (Cronbachs $\alpha = 0.71$).

Die Itemanalyse der Hauptstudie (siehe Tab. 33) zeigt eine deutliche Verbesserung der Reliabilität (Cronbachs $\alpha = 0.78$). Für die Auswertung wurden alle Items herangezogen.

Tab. 32: Itemanalyse der Skala *Klarheit*.(Pilotierung: 4-stufig Likert (Werte 0 bis 3); Zeitpunkt T2; $\alpha = 0.71$; $N = 74$)

ITEM	MISS	\bar{X}	<i>sd</i>	<i>v</i>	<i>P</i>	r_{it}	α^-
Klar1	0.00 %	2.14	0.71	-0.19	0.71	0.49	0.66
Klar2	0.00 %	2.24	0.84	-0.88	0.75	0.56	0.62
Klar4	1.35 %	2.38	0.72	-0.92	0.79	0.45	0.67
Klar6	2.70 %	2.46	0.67	-0.82	0.82	0.43	0.68
Klar7	0.00 %	2.55	0.55	-0.69	0.85	0.44	0.68

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd: Standardabweichung, v: Schiefe, P: Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Tab. 33: Itemanalyse der Skala *Klarheit*.(Hauptstudie: 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); Zeitpunkt T2; $\alpha = 0.78$; $N = 1490$)

ITEM	MISS	\bar{X}	<i>sd</i>	<i>v</i>	<i>P</i>	r_{it}	α^-
Klar1	0.74 %	3	0.89	-0.74	0.75	0.63	0.69
Klar2	0.67 %	3.18	0.82	-0.77	0.79	0.61	0.71
Klar4	0.81 %	3	0.9	-0.68	0.75	0.53	0.75
Klar7	0.54 %	3.11	0.83	-0.68	0.78	0.56	0.74

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd: Standardabweichung, v: Schiefe, P: Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

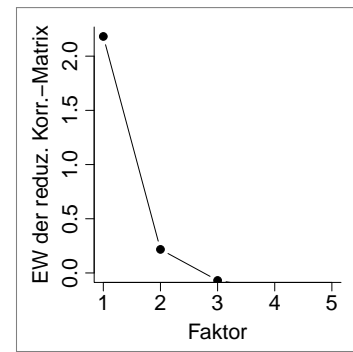
Kommunikationsengagement

Durch explorative Faktorenanalyse konnten keine Items einer oder mehrerer zugrundeliegenden Faktoren zufriedenstellend zugeordnet werden. Beide Skalen zeigten zudem unakzeptabel niedrige Reliabilitäten (KoEn1-KoEn6: Cronbachs $\alpha = 0.18$ bzw. KoEn7-KoEn11: Cronbachs $\alpha = 0.54$).

Aus dem Grund wird auf die Erhebung des Konstrukts *Kommunikationsengagement* verzichtet – alle Items werden verworfen.

Kommunikation

FAKTORENANALYSE Da diese Skala neu aus Items verschiedener Quellen gebildet wurde, wird die explorative Faktorenanalyse (EFA) eingesetzt: Die Analyse der *KMO*-Kriterien legt nahe, die Items Komm6, Komm7 & Komm8 von der EFA auszuschließen ($KMO < 0.5$); die Gesamtskala weist eine *gute* Eignung der Daten auf ($KMO = 0.78$). Der Scree-Plot (Principal Axes Factoring, rechts) legt die Extraktion nur eines latenten Faktors nahe. Die Faktorenstruktur der Skala nach PAF (keine Rotation erforderlich) ist in Tab. 34 dargestellt; *SRMR* und *RMSEA* lassen auf eine *sehr gute* Modellpassung schließen. Entfernt wurde das Item Komm5 (schwache Ladung auf den Faktor und geringe Kommunalität).



Tab. 34: Faktorenstruktur der Skala *Kommunikation* (Pilotierung; $N = 74$) nach PAF.

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG	h^2
Komm1	Viel inhaltlich diskutiert.	0.74 (0.65)	0.55 (0.43)
Komm2	Effektive Diskussionen im Team.	0.78 (0.76)	0.61 (0.57)
Komm3	Alle Teammitglieder beteiligt.	0.69 (0.64)	0.48 (0.41)
Komm4	Tiefgehende Diskussion.	0.67 (0.67)	0.45 (0.45)
Komm5	Arbeitsphase: Gespräch mit Betreuer.	0.40	0.16
Komm6	Arbeitsphase: Gespräch mit Partner.	-	-
Komm7	Gespräch über irrelevante Dinge. *	-	-
Komm8	Häufig allein gearbeitet. *	-	-

Varianzaufklärung (Pilotierung): 0.53. Modelfit: $SRMR = 0.04$, $RMSEA = 0$.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modelfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.35$; Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen von ausgeschl. Items und Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

ITEMANALYSE Die Itemanalyse nach der Pilotierung (Tab. 35) zeigte, dass der Ausschluss des Items Komm5 die Reliabilität der Skala verbessert. Da die Skala jedoch aus nur 3 Items besteht und die Verbesserung marginal ist, wurden für die Hauptstudie alle in Tab. 35 angegebenen Items verwendet. Die Reliabilität der Skala nach der Pilotierung ist als *gut* zu bezeichnen (Cronbachs $\alpha = 0.81$).

Die Itemanalyse der Hauptstudie (siehe Tab. 36) zeigt eine leichte Verschlechterung der Reliabilität (Cronbachs $\alpha = 0.77$). Für die Auswertung wurden alle Items herangezogen.

Tab. 35: Itemanalyse der Skala *Kommunikation*.(Pilotierung: 4-stufig Likert (Werte 0 bis 3); Zeitpunkt T2; $\alpha = 0.81$; $N = 74$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
Komm1	1.35 %	1.99	0.81	-0.44	0.66	0.64	0.75
Komm2	1.35 %	2.1	0.77	-0.71	0.70	0.71	0.73
Komm3	1.35 %	1.93	0.84	-0.57	0.64	0.61	0.77
Komm4	1.35 %	1.93	0.84	-0.15	0.64	0.55	0.80

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Tab. 36: Itemanalyse der Skala *Kommunikation*.(Hauptstudie: 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); Zeitpunkt T2; $\alpha = 0.77$; $N = 1490$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
Komm1	1.28 %	2.75	0.9	-0.38	0.55	0.55	0.73
Komm2	1.41 %	2.68	0.9	-0.43	0.67	0.63	0.69
Komm3	1.41 %	2.43	1.05	-0.23	0.61	0.55	0.73
Komm4	1.54 %	2.91	0.96	-0.68	0.58	0.58	0.72

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Wahrnehmung der Betreuenden (soziale Kompetenzen)

Die wahrgenommenen Eigenschaften der Betreuenden werden über Wort-Cluster erfasst (vgl. [Anhang B](#)). Lernende kreieren die Eigenschaften an, die sie dem jeweiligen Betreuer am Experimentiertag zuweisen würden. Jeweils fünf Wörter beschrieben im Pilotierungsfragebogen zum Zeitpunkt T2 eine von vier Ausprägungen nach dem Inventar sozialer Kompetenzen nach Kanning (2009) (Soziale Orientierung, Reflexibilität, Offensivität, Selbststeuerung). Ergänzt wurde diese 4x5-Wort-Matrix um weitere Eigenschaften, die den Betreuenden zugeschrieben werden können (jedoch keiner übergeordneten Skala o.Ä. zugeordnet werden können).

Für die Hauptstudie wurde für jede Kategorie und auch für die sonstigen Eigenschaften je ein Wort gestrichen; es ergibt sich also ein Wort-Cluster mit je 4 Wörtern pro Ausprägung sozialer Kompetenz nach Kanning (2009) und zusätzlich 4 Wörtern zu sonstigen Eigenschaften, die den Betreuenden zugeschrieben werden können.

Ergänzt wurde das Wortcluster um zwei offene und eine geschlossene Frage:

1. „Welche weiteren Eigenschaften beschreiben den Betreuer? (Bleiben sie ehrlich und scheuen Sie sich nicht: der Fragebogen ist anonym!)“
2. „Welche Eigenschaften sind Ihnen bei einem Betreuer besonders wichtig?“
3. „Welche Schulnote würden Sie Ihrem Betreuer für die Betreuung geben?“

Betreuer-Schüler-Beziehung

FAKTORENANALYSE Die Items der Skala *Betreuer-Schüler-Beziehung* nach Kemna (2012) sind den Subskalen *Sympathiebezogene Faktoren der Respondenten (LSBSym)* sowie *Handlungs- und Verhaltensbezogene Faktoren des Betreuenden (LSBHV)* zugeordnet. Nicht alle Items der ursprünglichen Skala wurden für die Pilotierung herangezogen, da diese im Kontext Schülerlabor unpassend sind (*einmaliger* Laborbesuch, Schüler kennen Betreuer noch nicht). Für eine Übersicht der eingesetzten (und schon im Voraus weggelassenen) Items wird auf Tab. 11 (Seite 92) und auf Anhang B1 verwiesen. Zur Verifizierung dieser theoretisch vorgegebenen Faktorenstruktur wird die konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) eingesetzt (Tab. 37):

Die Passung der theoretisch vorgegebenen Faktorenstruktur mit den Pilotierungsdaten ($N = 74$) ist den Fit-Maßen nach *nicht gegeben*. Aufgrund der Ergebnisse wurden zunächst die Items LSB6Sym & LSB7Sym entfernt (schwächste Ladung auf den Faktor und geringe Kommunalität). Im Rahmen der Itemanalyse mit den selben Daten wurden weitere Items ausgeschlossen. Für die Hauptstudie ($N = 1490$; reduzierte Itemzahl) zeigt sich dann eine *sehr gute* Modellpassung.

Tab. 37: Ergebnisse der CFA für die Skala *Betreuer-Schüler-Beziehung*.

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG		h^2
		F1(SYM)	F2(HV)	
LSB2Sym	Ich mag diesen Betreuer sehr.	0.84 (0.78)		0.70 (0.61)
LSB4Sym	Betreuer gerne als Lehrer.	0.79 (0.82)		0.63 (0.67)
LSB5Sym	Betreuer gern auf Klassenfahrten.	0.80 (0.80)		0.64 (0.64)
LSB6Sym	Gern mit Betreuer geredet.	0.71		0.51
LSB7Sym	Gerne anderen Betreuer gehabt. *	0.54		0.29
LSB10HV	Betreuer hat mich ernst genommen.		0.73 (0.87)	0.54 (0.76)
LSB13HV	Freundlicher Umgangston.		0.73	0.54
LSB14HV	Betreuer respektierte mich.		0.74 (0.89)	0.54 (0.80)
LSB15HV	Bei Problemen geholfen.		0.87	0.75
LSB16HV	Betreuer alle gleich behandelt .		0.87 (0.66)	0.76 (0.44)

Faktorkorrelation: $r(F1, F2) = 0.54(0.56)$;

Modellfit: $SRMR = 0.06(0.04)$, $RMSEA = 0.15(0.07)$, $CFI = 0.90(0.99)$, $NFI = 0.86(0.98)$.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modellfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.52$;

Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen von ausgeschl. Items und Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

ITEMANALYSE Die Reliabilität der Skala mit den Pilotierungsdaten ist für beide Teilaspekte als *gut* zu bezeichnen (Cronbachs $\alpha(Sym) = 0.84$; $\alpha(HV) = 0.88$). Die Itemanalyse mit den Pilotierungsdaten (Tab. 38) zeigte recht deutliche Deckeneffekte; was bei dieser Skala jedoch in Ordnung ist, da so zum Ausdruck kommt, dass die Betreuenden sehr positiv von den Lernenden aufgenommen

werden. Nach der Itemanalyse wurden für die Hauptstudie die Items LSB13HV & LSB15HV entfernt, sodass die Subskalen aus jeweils 3 Items bestanden (die Reliabilität bleibt dadurch nahezu unverändert *gut*).

Tab. 38: Itemanalyse der Skala *Betreuer-Schüler-Beziehung* (Pilotierung; $N = 74$).
(5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); Zeitpunkt T2; $\alpha(\text{Sym}) = 0.84$; $\alpha(\text{HV}) = 0.88$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
SYMPATHIEBEZOGENE FAKTOREN							
LSB2Sym	0.00 %	3.51	0.69	-1.05	0.88	0.78	0.77
LSB4Sym	1.35 %	3.41	0.91	-1.32	0.85	0.72	0.77
LSB5Sym	0.00 %	2.97	1.09	-0.71	0.74	0.71	0.82
HANDLUNGS- UND VERHALTENSBEZOGENE FAKTOREN							
LSB10HV	0.00 %	3.38	0.86	-1.44	0.84	0.76	0.85
LSB13HV	0.00 %	3.64	0.59	-1.33	0.91	0.64	0.87
LSB14HV	0.00 %	3.54	0.8	-2.05	0.89	0.77	0.85
LSB15HV	0.00 %	3.65	0.56	-1.29	0.91	0.71	0.86
LSB16HV	0.00 %	3.66	0.6	-1.55	0.92	0.78	0.85

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Die Itemanalyse mit den Daten der Hauptstudie (siehe Tab. 39) zeigt, dass die Reliabilität weiter als *gut* zu bezeichnen ist (Cronbachs $\alpha(\text{Sym}) = 0.83$; $\alpha(\text{HV}) = 0.84$). Bei Weglassen des Items LSB16HV verbessert sich die Reliabilität der Subskala; da außerdem dieses Item die geringste Trennschärfe aufweist und auch die Faktorladung und die Kommunalität bei der CFA (Tab. 37) vergleichsweise niedrig ist, wird dieses Item für die Auswertung ausgeschlossen.

Tab. 39: Itemanalyse der Skala *Betreuer-Schüler-Beziehung* (Hauptstudie; $N = 1490$).
(5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); Zeitpunkt T2; $\alpha(\text{Sym}) = 0.83$; $\alpha(\text{HV}) = 0.84$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
SYMPATHIEBEZOGENE FAKTOREN							
LSB2Sym	1.21 %	3.42	0.69	-1.14	0.85	0.67	0.80
LSB4Sym	1.28 %	3.28	0.9	-1.19	0.82	0.73	0.72
LSB5Sym	1.74 %	3.1	1.01	-1.01	0.78	0.71	0.75
HANDLUNGS- UND VERHALTENSBEZOGENE FAKTOREN							
LSB10HV	1.28 %	3.68	0.58	-2.27	0.92	0.74	0.74
LSB14HV	1.21 %	3.71	0.56	-2.38	0.93	0.77	0.72
LSB16HV	1.21 %	3.74	0.6	-3.14	0.93	0.61	0.88

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Basic Needs

FAKTORENANALYSE Die Items der Skala *Basic Needs* nach Weßnigk (2013) sind theoriekonform den Subskalen *Autonomieerleben* (BNA), *Kompetenzerleben* (BNK) sowie *Soziale Eingebundenheit* (BNE) zugeordnet. Schon im Vorfeld wurde das Item BNE4 entfernt, da dieses bei Weßnigk (2013) die niedrigste Trennschärfe der Skala ($r_{it} = 0.56$) aufweist und die Reliabilität der Skala ohne dieses Item unverändert blieb ($\alpha = 0.90$). Zur Verifizierung dieser theoretisch vorgegebenen Faktorenstruktur wird die konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) eingesetzt (Tab. 40):

Aufgrund der Ergebnisse wurden zunächst die Items BNA3, BNA5, BNA6, BNK1, BNK4 & BNE1 entfernt (schwächste Ladung auf den Faktor und geringe Kommunalität). Nach Entfernen dieser Items ist die Passung der theoretisch vorgegebenen Faktorenstruktur mit den Pilotierungsdaten ($N = 74$) den Fit-Maßen nach den noch *nicht gegeben*. Man sollte diese Ergebnisse aber nicht überinterpretieren, da sie vermutlich aufgrund Ermüdungserscheinungen beim Ausfüllen (nicht Beachten inverser Items) zustande gekommen sind. Daher wurden für die Hauptstudie alle inverse Items dieser Skala umformuliert. Dies ist rückwirkend betrachtet bedauerlich, da so die implizite Prüfung auf *Konstruktvalidität* bei dieser Skala entfallen ist.

Bemerkenswert ist zudem die starke Korrelation von *Autonomieerleben* mit dem *Kompetenzerleben* ($r(F1, F2)$ in Tab. 40).

Im Rahmen der Itemanalyse mit den selben Daten wurden weitere Items ausgeschlossen (siehe unten). Für die Hauptstudie ($N = 1490$) zeigt sich eine *mittlere bis gute* Modellpassung.

ITEMANALYSE Die Reliabilität der Skalen mit den Pilotierungsdaten fällt recht unterschiedlich aus (Tab. 41): Cronbachs $\alpha(BNA) = 0.64$; $\alpha(BNK) = 0.8$; $\alpha(BNE) = 0.92$. Die Items der Skala *Autonomieerleben* wurden nach Faktoren- und Itemanalyse in ihrem Wortlaut geändert und die inversen Items umgekehrt. Für die Hauptstudie wurden aufgrund der Pilotierungsergebnisse folgende Items verwendet:

1. *Autonomieerleben*: BNA1, BNA2, BNA3 & BNA4;
2. *Kompetenzerleben*: BNK3, BNK5, BNK6 & BNK7;
3. *Soziale Eingebundenheit*: BNE3, BNE6, BNE7 & BNE8.

Die Itemanalyse mit den Daten der Hauptstudie (siehe Tab. 42) zeigt überraschend, dass die Reliabilität der Skalen *Kompetenzerleben* und *Soziale Eingebundenheit* von *gut* (BNK) & *sehr gut* (BNE) in beiden Fällen auf *akzeptabel* gesunken ist (Cronbachs $\alpha(BNK) = 0.71$; $\alpha(BNE) = 0.77$); für das *Autonomieerleben* bleibt die Reliabilität wie schon bei der Pilotierung *fragwürdig* (Cronbachs $\alpha(BNA) = 0.65$).

Da durch Itemausschluss keine weitere Verbesserung der Reliabilität möglich ist, wurden alle in Tab. 42 gelisteten Items für die Auswertung herangezogen; wobei die relativ niedrige Güte im Bezug auf die Reliabilität der Skala *Autonomieerleben* beachtet wurde.

Tab. 40: Ergebnisse der CFA für die Skala *Basic Needs*.

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG			h^2
		F1(BNA)	F2(BNK)	F3(BNE)	
BNA1	Keine eigene Ideen möglich. *	0.68 (0.56)			0.47 (0.32)
BNA2	Freie Meinungsäußerung.	0.57 (0.66)			0.39 (0.44)
BNA3	Zu wenig selbst bestimmbar. *	0.44 (0.56)			0.19 (0.31)
BNA4	Musste mich nicht verstellen.	0.67 (0.57)			0.45 (0.33)
BNA5	Vorgehen selbst entscheidbar.	-			0.06
BNA6	Zu eigenem Denken ermuntert.	0.45			0.20
BNK1	Oft an Fähigkeiten gezweifelt. *		0.53		0.28
BNK2	Fühlte mich kompetent.		0.59		0.35
BNK3	Eigene Ziele erreicht.		0.68 (0.59)		0.47 (0.35)
BNK4	Oft unsicher. *		0.35		0.12
BNK5	Konnte Anforderungen erfüllen.		0.85 (0.74)		0.72 (0.55)
BNK6	Anleitungen immer verstanden.		0.62 (0.63)		0.38 (0.40)
BNK7	Konnte viel beitragen.		0.67 (0.66)		0.45 (0.42)
BNE1	Guter Umgang mit Mitschülern.			0.56	0.39
BNE2	Mitschüler mögen mich.			0.60	0.36
BNE3	Teammitglieder verstehen mich.			0.69 (0.60)	0.47 (0.36)
BNE5	Andere mögen mich nicht. *			0.66	0.43
BNE6	Freundliche Atmosphäre.			0.78 (0.69)	0.61 (0.44)
BNE7	Ich gehöre dazu.			0.88 (0.77)	0.77 (0.60)
BNE8	Ich werde ernst genommen.			0.83 (0.72)	0.69 (0.53)
BNE9	Gleichbehandlung.			0.81	0.67
BNE10	Ich werde unterstützt.			0.74	0.55

Faktorkorrelation: $r(F1, F2) = 0.79(0.95)$; $r(F1, F3) = 0.48(0.92)$; $r(F2, F3) = 0.66(0.78)$.
Modelfit: $SRMR = 0.10(0.04)$, $RMSEA = 0.13(0.07)$, $CFI = 0.82(0.96)$, $NFI = 0.71(0.95)$.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modelfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.35$; Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

Tab. 41: Itemanalyse der Skala *Basic Needs* (Pilotierung; $N = 74$; Zeitpunkt T2).
(5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); $\alpha(BNA) = 0.64$; $\alpha(BNK) = 0.8$; $\alpha(BNE) = 0.92$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
AUTONOMIEERLEBEN							
BNA1	2.70 %	2.68	0.95	-0.52	0.67	0.47	0.55
BNA2	2.70 %	3.26	0.82	-1.11	0.82	0.44	0.57
BNA3	2.70 %	2.97	0.86	-0.48	0.74	0.38	0.59
BNA4	2.70 %	3.17	1.09	-1.43	0.79	0.45	0.56
BNA5	2.70 %	2.43	0.98	0.06	0.61	0.24	0.64
BNA6	2.70 %	2.76	0.88	-0.76	0.69	0.23	0.64
KOMPETENZERLEBEN							
BNK1	2.70 %	3.04	0.97	-0.9	0.76	0.42	0.79
BNK2	4.05 %	2.62	0.96	-0.53	0.65	0.45	0.79
BNK3	5.41 %	2.71	0.95	-0.32	0.68	0.59	0.76
BNK4	1.35 %	2.75	0.97	-0.41	0.69	0.37	0.80
BNK5	1.35 %	2.92	0.86	-0.62	0.73	0.77	0.73
BNK6	1.35 %	2.68	1	-0.51	0.67	0.57	0.77
BNK7	1.35 %	2.68	0.85	-0.45	0.67	0.59	0.76
SOZIALE EINGEBUNDENHEIT							
BNE1	0.00 %	3.55	0.71	-1.69	0.89	0.63	0.91
BNE2	4.05 %	3.3	0.88	-1.09	0.82	0.63	0.91
BNE3	2.70 %	2.86	1.04	-0.77	0.72	0.68	0.91
BNE5	4.05 %	3.38	0.85	-1.07	0.85	0.65	0.91
BNE6	0.00 %	3.49	0.83	-1.51	0.87	0.75	0.90
BNE7	0.00 %	3.36	0.79	-0.89	0.84	0.86	0.90
BNE8	0.00 %	3.3	0.84	-0.73	0.82	0.78	0.90
BNE9	0.00 %	3.59	0.7	-1.87	0.90	0.70	0.91
BNE10	0.00 %	3.39	0.82	-1.1	0.85	0.70	0.91

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Tab. 42: Itemanalyse der Skala *Basic Needs* (Hauptstudie; $N = 1490$; Zeitpunkt T2).
(5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); $\alpha(BNA) = 0.65$; $\alpha(BNK) = 0.71$; $\alpha(BNE) = 0.77$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
AUTONOMIEERLEBEN							
BNA1	1.41 %	2.64	0.99	-0.41	0.66	0.48	0.54
BNA2	1.61 %	3.34	0.77	-1.14	0.84	0.48	0.55
BNA3	1.68 %	2.55	0.96	-0.24	0.64	0.40	0.60
BNA4	1.48 %	3.26	0.88	-1.18	0.81	0.36	0.62
KOMPETENZERLEBEN							
BNK3	2.21 %	2.98	0.92	-0.73	0.74	0.45	0.68
BNK5	1.41 %	3.17	0.81	-0.75	0.79	0.60	0.59
BNK6	1.28 %	3	0.83	-0.64	0.75	0.51	0.64
BNK7	1.54 %	2.86	0.93	-0.51	0.71	0.45	0.68
SOZIALE EINGEBUNDENHEIT							
BNE3	1.61 %	2.92	0.93	-0.63	0.73	0.53	0.73
BNE6	1.48 %	3.47	0.8	-1.63	0.87	0.55	0.72
BNE7	1.61 %	3.22	0.86	-1.15	0.80	0.60	0.69
BNE8	1.61 %	3.34	0.79	-1.28	0.84	0.59	0.70

Dispositionales Interesse

FAKTORENANALYSE Das *dispositionale Interesse* wird in dieser Untersuchung in drei verschiedenen Ausprägungen – und damit auch drei separaten Skalen – erhoben: das *Sachinteresse* nach Pawek (2009), sowie die beiden Skalen zum *Fach- und Sachinteresse an Physik* nach Weißnigk (2013). Die Skalen wurden bis auf die Items DIntNW3 & DIntSPH5 von den angegebenen Quellen übernommen (Abgrenzung zum Fachinteresse unscharf). Zur Verifizierung dieser theoretisch vorgegebenen Faktorenstruktur des dispositionalen Interesses wird die konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) eingesetzt (Tab. 43):

Aufgrund der Ergebnisse wurde zunächst nur DIntNW5 entfernt (schwächste Ladung auf den Faktor und geringe Kommunalität). Die Faktorladungen sind durchgehend recht hoch und dementsprechend ergibt sich schon mit den Pilotierungsdaten in Anbetracht der geringen Stichprobengröße ($N = 74$) ein guter Modellfit. Im Rahmen der Itemanalyse mit denselben Daten wurden weitere Items ausgeschlossen (siehe unten). Für die Hauptstudie ($N = 1490$) zeigt sich eine *gute* Modellpassung.

Tab. 43: Ergebnisse der CFA für die Skalen des *dispositionalen Interesses* (T1).

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG			h^2
		F1(NW)	F2(SPH)	F3(FPH)	
DIntNW1	NW bringen mir Spaß.	0.73 (0.75)			0.54 (0.57)
DIntNW2	NW-Sendung umschalten. *	0.62 (0.65)			0.39 (0.42)
DIntNW4	Rede ungern über NW. *	0.50 (0.67)			0.25 (0.45)
DIntNW5	NW-Fragest. sind wichtig.	0.46			0.21
DIntNW6	NW-Artikel uninteressant. *	0.79 (0.72)			0.63 (0.51)
DIntNW7	Habe besseres zu tun als NW. *	0.57			0.32
DIntSPH1	Physik interessiert mich.		0.65 (0.86)		0.42 (0.74)
DIntSPH2	In Freizeit beschäftigt mich Ph.		0.62		0.39
DIntSPH3	Knoble gern an Ph-Aufg.		0.79 (0.74)		0.63 (0.54)
DIntSPH4	Flow bei Ph-Aufgaben.		0.66 (0.56)		0.44 (0.35)
DIntSPH6	Freizeit für Physik opfern.		0.83 (0.71)		0.68 (0.50)
DIntFPH1	Spaß im Physikunterricht (PU).			0.89 (0.89)	0.79 (0.79)
DIntFPH2	PU-Themen interessant.			0.80 (0.80)	0.64 (0.64)
DIntFPH3	Gespräche über PU-Themen.			0.79 (0.45)	0.62 (0.20)
DIntFPH4	Wohlfühlen im PU.			0.77 (0.84)	0.59 (0.70)
DIntFPH5	Physik ist wichtig für mich.			0.69	0.47

Faktorkorrelation: $r(F1, F2) = 0.73(0.87)$; $r(F1, F3) = 0.66(0.72)$; $r(F2, F3) = 0.65(0.77)$.
 Modellfit: $SRMR = 0.08(0.05)$, $RMSEA = 0.09(0.09)$, $CFI = 0.90(0.94)$, $NFI = 0.78(0.94)$.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modellfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.35$; Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen von ausgeschl. Items und Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

ITEMANALYSE Die Reliabilität der Skala mit den Pilotierungsdaten ist für alle drei Skalen als *gut* bis *sehr gut* zu bezeichnen (vgl. Tab. 44). Für die Hauptstudie wurden die Items DIntNW7, DIntSPH2 & FIntFPh5 entfernt (Reduktion der Itemanzahl bei geringer Beeinflussung der Reliabilität). Jede Skala besteht somit aus 4 Items in der Hauptstudie.

Tab. 44: Itemanalyse der Skalen zum *dispositionalen Interesse*.
(Pilotierung; $N = 74$; Zeitpunkt T1 & T2; 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4);
 $\alpha(NW) = 0.79^{T1} | 0.78^{T2}$; $\alpha(SPh) = 0.83^{T1} | 0.9^{T2}$; $\alpha(FPh) = 0.89^{T1} | 0.89^{T2}$)

ITEM	T1: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
SACHINTERESSE AN NATURWISSENSCHAFTEN								
DIntNW1	1.35 %	2.22	1.12	-0.26	0.55	0.54	0.76	0.78
DIntNW2	0.00 %	2.32	1.11	-0.42	0.58	0.54	0.76	0.77
DIntNW4	0.00 %	2.15	1.13	-0.18	0.54	0.54	0.76	0.71
DIntNW6	1.35 %	2.75	1.16	-0.82	0.69	0.70	0.71	0.70
DIntNW7	0.00 %	2.03	1.09	-0.05	0.51	0.54	0.76	0.76
SACHINTERESSE PHYSIK								
DIntSPH1	0.00 %	1.86	1.04	-0.24	0.47	0.54	0.82	0.87
DIntSPH2	0.00 %	1.2	0.89	0.29	0.30	0.57	0.82	0.88
DIntSPH3	0.00 %	1.36	1.08	0.22	0.34	0.71	0.78	0.86
DIntSPH4	0.00 %	1.23	0.96	0.09	0.41	0.59	0.81	0.89
DIntSPH6	0.00 %	1.61	1.11	0.15	0.40	0.75	0.76	0.87
FACHINTERESSE PHYSIK								
DIntFPh1	0.00 %	2.08	1.22	-0.37	0.52	0.81	0.85	0.84
DIntFPh2	0.00 %	2.05	1.2	-0.29	0.51	0.76	0.86	0.87
DIntFPh3	0.00 %	1.78	1.23	0.02	0.45	0.73	0.87	0.88
DIntFPh4	0.00 %	1.93	1.11	-0.34	0.48	0.74	0.87	0.86
DIntFPh5	1.35 %	1.37	1.09	0.2	0.34	0.65	0.89	0.87

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Die Itemanalyse mit den Daten der Hauptstudie (siehe Tab. 45) zeigt für alle Skalen eine *gute* bis *hervorragende* Reliabilität. Durch Itemausschluss von DIntSPH4 & DIntFPh3 lässt sich die Reliabilität weiter erhöhen, daher werden diese beiden Items für die Auswertung verworfen.

Tab. 45: Itemanalyse der Skalen zum *dispositionalen Interesse*.
(Hauptstudie; $N = 1490$; Zeitpunkt T1 & T2; 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4);
 $\alpha(NW) = 0.79^{T1} | 0.79^{T2}$; $\alpha(SPh) = 0.8^{T1} | 0.82^{T2}$; $\alpha(FPh) = 0.82^{T1} | 0.82^{T2}$)

ITEM	T1: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
SACHINTERESSE AN NATURWISSENSCHAFTEN								
DIntNW1	0.13 %	2.18	1.11	-0.14	0.54	0.60	0.74	0.74
DIntNW2	0.20 %	2.24	1.18	-0.19	0.56	0.57	0.75	0.77
DIntNW4	0.20 %	2.23	1.14	-0.2	0.56	0.59	0.74	0.74
DIntNW6	0.27 %	2.57	1.06	-0.47	0.64	0.64	0.72	0.72
SACHINTERESSE PHYSIK								
DIntSPH1	0.27 %	1.63	1.14	0.29	0.41	0.73	0.70	0.73
DIntSPH3	0.20 %	1.21	1.1	0.7	0.30	0.65	0.74	0.77
DIntSPH4	0.47 %	1.71	1.17	0.24	0.43	0.50	0.81	0.83
DIntSPH6	0.20 %	1.69	1.04	0.16	0.42	0.62	0.76	0.77
FACHINTERESSE PHYSIK								
DIntFPh1	0.54 %	2.11	1.1	-0.16	0.53	0.76	0.71	0.71
DIntFPh2	1.07 %	2.05	1	-0.12	0.51	0.71	0.74	0.74
DIntFPh3	0.13 %	1.61	1.17	0.24	0.40	0.41	0.88	0.88
DIntFPh4	0.47 %	2.18	1.07	-0.2	0.54	0.71	0.73	0.72

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Aktuelles Interesse

FAKTORENANALYSE Das *aktuelle Interesse* wird wie üblich in drei verschiedenen Komponenten – und damit auch drei separaten Skalen – erhoben: die *emotionale*, die *wertbezogene* und die *epistemische* Komponente. Die Skalen wurden von Streller (2015) übernommen und beruhen auf Engeln (2004). Zur Verifizierung der theoretisch vorgegebenen Faktorenstruktur des aktuellen Interesses wird die konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) eingesetzt (Tab. 46):

Die Faktorladungen sind durchgehend recht hoch und dementsprechend ergibt sich schon mit den Pilotierungsdaten ein *sehr guter* Modelfit. Im Rahmen der Itemanalyse mit denselben Daten wurden weitere Items ausgeschlossen (siehe unten). Für die Hauptstudie ($N = 1490$) kann die *sehr gute* Modellpassung bestätigt werden.

ITEMANALYSE Die Reliabilität der Skala mit den Pilotierungsdaten ist für alle drei Skalen als *gut* bis *sehr gut* zu bezeichnen (vgl. Tab. 47). Für die Hauptstudie wurden die Items AlntEm3, AlntEm4 & AlntW3 entfernt (Reduktion der Itemanzahl bei geringer Beeinflussung der Reliabilität). Die Skala der epistemischen Komponente wurde aufgrund der vergleichsweise niedrigen Reliabilität nicht gekürzt.

Die Itemanalyse mit den Daten der Hauptstudie (siehe Tab. 48) zeigt für die Skalen der emotionalen und der epistemischen Komponente eine *gute* Reliabilität.

Tab. 46: Ergebnisse der CFA für die Skalen des *aktuellen Interesses*.

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG			h^2
		F1(EM)	F2(W)	F3(EP)	
AIntEm1	Exp. nicht langweilig.	0.87 (0.77)			0.75 (0.59)
AIntEm2	Exp. hat Spaß gemacht.	0.84 (0.82)			0.71 (0.69)
AIntEm3	Beim Exp. verflog die Zeit.	0.79			0.63
AIntEm4	Arbeit mit Geräten schön.	0.79			0.62
AIntEm5	Exp. spannend.	0.84 (0.80)			0.71 (0.64)
AIntW1	Exp. sind persönlich wichtig.		0.89 (0.65)		0.80 (0.43)
AIntW2	Eigenständiges Exp. wichtig.		0.80 (0.63)		0.64 (0.40)
AIntW3	Kontext der Exp. wichtig.		0.76		0.57
AIntW4	Exp. sinnvoll.		0.75 (0.71)		0.56 (0.50)
AIntEp1	Anregungen durch Exp.			0.68 (0.75)	0.46 (0.56)
AIntEp2	Schülerlabor-Exp. in Freizeit			0.74 (0.71)	0.54 (0.50)
AIntEp3	Ideen durch Exp.			0.63 (0.67)	0.40 (0.45)
AIntEp4	Wissensdurst über Exp.			0.74 (0.75)	0.54 (0.56)

Faktorkorrelation: $r(F1, F2) = 0.65(0.89)$; $r(F1, F3) = 0.66(0.85)$; $r(F2, F3) = 0.64(0.84)$.
 Modelfit: $SRMR = 0.05(0.04)$, $RMSEA = 0.00(0.08)$, $CFI = 1.00(0.96)$, $NFI = 0.90(0.95)$.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modelfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.35$; Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen von ausgeschl. Items und Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

Für die wertbezogene Komponente ist ein starker Abfall von Cronbachs α auf ein *akzeptables* Niveau festzustellen. Die Ursache dessen ist nicht offenkundig.

Da durch Itemausschluss keine weitere Verbesserung der Reliabilität möglich ist, wurden alle in [Tab. 48](#) gelisteten Items für die Auswertung herangezogen.

Tab. 47: Itemanalyse der Skalen zum *aktuellen Interesse* (Pilotierung; $N = 74$).
(5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); T2; $\alpha(Em) = 0.92$; $\alpha(W) = 0.87$; $\alpha(Ep) = 0.79$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
EMOTIONALE KOMPONENTE							
AIntEm1	1.35 %	3.47	0.78	-1.17	0.87	0.83	0.89
AIntEm2	1.35 %	3.47	0.71	-0.92	0.87	0.82	0.89
AIntEm3	1.35 %	3.4	0.79	-1.14	0.85	0.76	0.91
AIntEm4	1.35 %	3.44	0.73	-0.86	0.86	0.73	0.91
AIntEm5	1.35 %	3.38	0.74	-0.72	0.85	0.80	0.90
WERTBEZOGENE KOMPONENTE							
AIntW1	1.35 %	3.19	0.91	-0.82	0.80	0.79	0.80
AIntW2	1.35 %	2.9	0.96	-0.83	0.73	0.75	0.82
AIntW3	1.35 %	2.75	0.86	-0.54	0.69	0.68	0.84
AIntW4	1.35 %	3.38	0.76	-0.93	0.85	0.67	0.85
EPISTEMISCHE KOMPONENTE							
AIntEp1	2.70 %	2.81	0.9	-0.31	0.70	0.58	0.74
AIntEp2	4.05 %	2.23	1.2	0.01	0.56	0.62	0.72
AIntEp3	4.05 %	2.04	0.99	0.18	0.51	0.58	0.74
AIntEp4	4.05 %	2.52	1.08	-0.59	0.63	0.61	0.73

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Tab. 48: Itemanalyse der Skalen zum *aktuellen Interesse* (Hauptstudie; $N = 1490$).
(5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); T2; $\alpha(Em) = 0.84$; $\alpha(W) = 0.71$; $\alpha(Ep) = 0.81$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
EMOTIONALE KOMPONENTE							
AIntEm1	1.01 %	3.24	0.9	-1.23	0.81	0.69	0.77
AIntEm2	0.54 %	3.26	0.85	-1.07	0.81	0.72	0.75
AIntEm5	0.60 %	2.85	0.99	-0.72	0.71	0.68	0.79
WERTBEZOGENE KOMPONENTE							
AIntW1	0.94 %	2.77	1.04	-0.66	0.69	0.56	0.58
AIntW2	1.01 %	2.85	1.02	-0.68	0.71	0.54	0.60
AIntW4	1.54 %	3.29	0.85	-1.28	0.82	0.50	0.66
EPISTEMISCHE KOMPONENTE							
AIntEp1	0.87 %	2.79	0.87	-0.53	0.70	0.59	0.78
AIntEp2	0.54 %	1.58	1.14	0.35	0.40	0.64	0.75
AIntEp3	0.81 %	1.81	1.12	0.09	0.45	0.64	0.75
AIntEp4	0.87 %	2.4	1.01	-0.27	0.60	0.64	0.75

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Image von Physik

Das *Image von Physik* als Unterrichtsfach und als Wissenschaft wird über dieselbe 6-stufige Skala erhoben – jeweils separat für das Unterrichtsfach und die Wissenschaft Physik. Verwendet wird eine Auswahl der Items von Weßnigk (2013). Anzumerken ist, dass die Auswertung bei Weßnigk (2013) auf Einzelitemebene erfolgt. In dieser Untersuchung soll jedoch ein Gesamtscore des Images errechnet werden, um diesen dann als Maßzahl für das Image von Physik in Regressionanalysen heranziehen zu können. Daher muss die Verwendbarkeit der Items als *Skala* (vor allem hinsichtlich der Reliabilität) geprüft werden.

Bei der Analyse der Fragebögen ist aufgefallen, dass die Items *ImgPh2*, *ImgPh4* & *ImgPh7* häufig nicht angekreuzt oder sogar mit Fragezeichen versehen wurden. Aufgrund dieser begrifflichen Schwierigkeiten beim Einsatz der Items mit Lernenden dieser Altersstufe, wurden die Items für die folgenden Analysen (und für die Hauptstudie) entfernt.

FAKTORENANALYSE Zur Verifizierung der empirischen Trennbarkeit der beiden Bezugspunkte von Physik als *Unterrichtsfach* und *Wissenschaft* wird die konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) eingesetzt (Tab. 49):

Die Faktorladungen und Kommunalitäten sind mit Ausnahme des Items *ImgPh3* im akzeptablen Bereich. Allerdings ergibt sich selbst ohne dieses Item sich mit den Pilotierungsdaten ($N = 74$) und auch für die Hauptstudie nur ein *fragwürdiger* Modelfit. Um die Güte der Skala beurteilen zu können, muss die Itemanalyse herangezogen werden (Tab. 50 & 51).

Tab. 49: Ergebnisse der CFA der Skalen für das *Image von Physik* (T1).

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG		h^2
		F1(FACH)	F2(WISS)	
ImgFPh1	unwichtig – wichtig	0.87 (0.69)		0.76 (0.48)
ImgFPh3	unkreativ – kreativ	0.54 (0.52)		0.30 (0.28)
ImgFPh5	abgeschlossen – offen	0.70 (0.57)		0.49 (0.32)
ImgFPh6	rückschrittlich – fortschrittlich	0.70 (0.61)		0.49 (0.37)
ImgWPh1	unwichtig – wichtig		0.86 (0.68)	0.73 (0.47)
ImgWPh3	unkreativ – kreativ		0.44 (0.55)	0.19 (0.30)
ImgWPh5	abgeschlossen – offen		0.65 (0.61)	0.42 (0.37)
ImgWPh6	rückschrittlich – fortschrittlich		0.87 (0.68)	0.75 (0.46)

Faktorkorrelation: $r(F1, F2) = 0.72(0.85)$.
 Modelfit: $SRMR = 0.07(0.06)$, $RMSEA = 0.24(0.15)$, $CFI = 0.85(0.88)$, $NFI = 0.82(0.88)$.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modelfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.35$; Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen von ausgeschl. Items und Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

ITEMANALYSE Die Reliabilität der Skala mit den Pilotierungsdaten ist für die beiden Skalen als *gut* zu bezeichnen (vgl. Tab. 50). Für die Hauptstudie wurden alle in der Tabelle gelisteten Items verwendet. Die Itemanalyse mit den Daten der Hauptstudie (siehe Tab. 51) zeigt für alle Skalen eine *akzeptable* Reliabilität. Auffallend ist der deutliche Unterschied zwischen dem Image von *Unterrichtsfach* und *Wissenschaft* in den Mittelwerten \bar{X} für *alle* Items – zu beiden Zeitpunkten T1 & T2, sowie zur Pilotierung und bei der Hauptstudie. Da zudem die Trennschärfen der Items ausreichend hoch sind und auch die restlichen psychometrischen Kennwerte passen, spricht dies insgesamt für valide (und reliable) Skalen. Somit werden beide Skalen mit den je 4 Items für die Auswertung herangezogen.

Tab. 50: Itemanalyse der Skalen *Image von Physik*.

(Pilotierung; $N = 74$; Zeitpunkt T1 & T2; 6-stufig Likert (Werte 0 bis 5);
 $\alpha(FPh) = 0.8^{T1}|0.85^{T2}$; $\alpha(WPh) = 0.78^{T1}|0.83^{T2}$)

ITEM	T1: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
IMAGE VON PHYSIK ALS UNTERRICHTSFACH								
ImgFPh1	1.35 %	3.58	1.24	-1.13	0.72	0.70	0.69	0.77
ImgFPh3	1.35 %	2.22	1.3	-0.11	0.44	0.50	0.80	0.84
ImgFPh5	4.05 %	2.82	1.25	-0.14	0.56	0.63	0.73	0.80
ImgFPh6	1.35 %	3.52	1.2	-0.64	0.70	0.60	0.75	0.82
IMAGE VON PHYSIK ALS WISSENSCHAFT								
ImgWPh1	1.35 %	4.11	1.12	-1.48	0.82	0.69	0.69	0.75
ImgWPh3	1.35 %	2.96	1.32	-0.21	0.59	0.42	0.81	0.86
ImgWPh5	1.35 %	3.4	1.39	-0.51	0.68	0.58	0.74	0.75
ImgWPh6	1.35 %	4.04	1.24	-1.45	0.81	0.71	0.67	0.76

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Tab. 51: Itemanalyse der Skalen *Image von Physik*.

(Hauptstudie; $N = 1490$; Zeitpunkt T1 & T2; 6-stufig Likert (Werte 0 bis 5);
 $\alpha(FPh) = 0.69^{T1}|0.76^{T2}$; $\alpha(WPh) = 0.7^{T1}|0.73^{T2}$)

ITEM	T1: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
IMAGE VON PHYSIK ALS UNTERRICHTSFACH								
ImgFPh1	0.27 %	3.56	1.13	-0.71	0.71	0.51	0.61	0.72
ImgFPh3	0.13 %	2.45	1.22	-0.09	0.49	0.46	0.64	0.70
ImgFPh5	1.81 %	3.07	1.17	-0.31	0.61	0.48	0.63	0.69
ImgFPh6	0.47 %	3.67	1.01	-0.66	0.73	0.46	0.64	0.70
IMAGE VON PHYSIK ALS WISSENSCHAFT								
ImgWPh1	0.74 %	4.34	0.9	-1.62	0.87	0.53	0.61	0.66
ImgWPh3	1.01 %	3.15	1.28	-0.53	0.63	0.41	0.70	0.77
ImgWPh5	2.42 %	3.78	1.15	-0.84	0.76	0.51	0.61	0.64
ImgWPh6	1.07 %	4.27	0.9	-1.24	0.85	0.54	0.61	0.63

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung

Die auf den Kontext Schule bezogene *Selbstwirksamkeitserwartung* (SWE) wird in zwei Ausprägungen erhoben: zum einen die SWE im Schulfach Physik (SWEPh) und zum anderen die SWE speziell für das Experimentieren im Physikunterricht (SWEExp) – beide Skalen aus Jerusalem und Satow (1999).

FAKTORENANALYSE Zur Verifizierung der empirischen Trennbarkeit der beiden Skalen zur SWE wird die konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) eingesetzt (Tab. 52):

Aufgrund der Ergebnisse wurde zunächst die Items SWEPh3, SWEPh6 & SWEExp6 entfernt (schwächste Ladung auf den Faktor und geringe Kommunalität). Die Faktorladungen sind bei den verbleibenden Items akzeptabel, dementsprechend ergibt sich mit den Pilotierungsdaten in Anbetracht der geringen Stichprobengröße ($N = 74$) ein akzeptabler Modellfit. Im Rahmen der Itemanalyse mit denselben Daten wurden weitere Items ausgeschlossen (siehe unten). Für die Hauptstudie ($N = 1490$) zeigt sich eine *sehr gute* Modellpassung.

Tab. 52: Ergebnisse der CFA der Skalen für die *schulbezogene SWE* (T1).

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG		h^2
		F1(FPH)	F2(Exp)	
SWEPh1	Verstehe neuen Unterrichtsstoff.	0.65 (0.67)		0.43 (0.44)
SWEPh2	Kann schwierige Ph-Aufg. lösen.	0.68 (0.81)		0.46 (0.66)
SWEPh3	Trotz Anstrengung Versagen in Ph. *	0.49		0.24
SWEPh4	Trotz temp. Abwesenheit gut.	0.68 (0.77)		0.47 (0.59)
SWEPh5	Physikunterricht zu schnell. *	0.63 (0.59)		0.39 (0.35)
SWEPh6	Ich weiß, dass ich gut in Ph bin.	0.52		0.27
SWEPh7	Trotz schlechter Note gut in Ph.	0.61		0.37
SWEExp1	Unbekannte Exp. kann ich.		0.75 (0.70)	0.57 (0.48)
SWEExp2	Schwierige Exp. kann ich.		0.68 (0.74)	0.46 (0.54)
SWEExp3	Exp. kann ich einfach nicht. *		0.68 (0.53)	0.46 (0.28)
SWEExp4	Brauche bei Exp. viel Hilfe. *		0.59 (0.62)	0.35 (0.38)
SWEExp5	Zukünftige Exp. kann ich.		0.58	0.33
SWEExp6	Exp. kann ich auch ohne Hilfe.		0.47	0.22

Faktorkorrelation: $r(F1, F2) = 0.86(0.84)$.

Modellfit: $SRMR = 0.07(0.02)$, $RMSEA = 0.09(0.06)$, $CFI = 0.92(0.99)$, $NFI = 0.81(0.98)$.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Modellfit-Werte jeweils für Items mit $h^2 \geq 0.35$; Werte von Hauptstudie mit $N = 1490$ in Klammern; Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

ITEMANALYSE Die Reliabilität der Skala mit den Pilotierungsdaten ist für die beiden Skalen als *gut* zu bezeichnen (vgl. Tab. 53). Um die Zahl an Items für den Fragebogen der Hauptstudie zu reduzieren, wurden die Items SWEP_{h7} & SWEE_{Exp5} (geringe Kommunalität in CFA, geringe Trennschärfe und kaum Beeinflussung der Reliabilität bei Erhaltung der inversen Items).

Die Itemanalyse mit den Daten der Hauptstudie (siehe Tab. 54) zeigt für die Skala SWEP_h eine *gute* und für SWEE_{Exp} eine *mittelgute* Reliabilität. Bemerkenswert ist, dass beide Skalen trotz inverser Items reliabel sind – spricht für *interne Validität* der Skalen.

Da durch Itemausschluss keine weitere Verbesserung der Reliabilität möglich ist, wurden alle in Tab. 54 gelisteten Items für die Auswertung herangezogen.

Tab. 53: Itemanalyse der Skalen für die *schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung*. (Pilotierung; $N = 74$; Zeitpunkt T1 & T2; 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); $\alpha(Ph) = 0.78^{T1}|0.79^{T2}$; $\alpha(Exp) = 0.78^{T1}|0.8^{T2}$)

ITEM	T1: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
SELBSTWIRKSAMKEITSERWARTUNG IM PHYSIKUNTERRICHT								
SWEP _{h1}	0.00 %	2.85	0.79	-0.4	0.71	0.63	0.71	0.75
SWEP _{h2}	1.35 %	2.66	0.92	-0.68	0.66	0.49	0.75	0.75
SWEP _{h4}	0.00 %	2.27	0.83	-0.25	0.57	0.62	0.71	0.73
SWEP _{h5}	0.00 %	2.15	1.14	-0.4	0.54	0.55	0.75	0.78
SWEP _{h7}	1.35 %	2.77	0.79	-0.24	0.69	0.51	0.75	0.76
SELBSTWIRKSAMKEITSERWARTUNG BEIM EXPERIMENTIEREN								
SWEE _{Exp1}	1.35 %	2.44	0.97	-0.41	0.61	0.69	0.70	0.72
SWEE _{Exp2}	2.70 %	2.54	1.02	-0.43	0.64	0.54	0.75	0.73
SWEE _{Exp3}	1.35 %	2.96	0.92	-0.98	0.74	0.58	0.73	0.76
SWEE _{Exp4}	2.70 %	2.51	0.9	-0.61	0.63	0.49	0.76	0.80
SWEE _{Exp5}	2.70 %	3.01	0.81	-0.8	0.75	0.50	0.76	0.78

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Tab. 54: Itemanalyse der Skalen für die *schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung*. (Hauptstudie; $N = 1490$; Zeitpunkt T1 & T2; 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); $\alpha(Ph) = 0.8^{T1}|0.81^{T2}$; $\alpha(Exp) = 0.74^{T1}|0.74^{T2}$)

ITEM	T1: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
SELBSTWIRKSAMKEITSERWARTUNG IM PHYSIKUNTERRICHT								
SWEP _{h1}	0.40 %	2.57	0.94	-0.39	0.64	0.58	0.77	0.81
SWEP _{h2}	0.34 %	2.16	1.07	-0.09	0.54	0.68	0.72	0.74
SWEP _{h4}	0.27 %	2.13	1.11	-0.04	0.53	0.68	0.71	0.73
SWEP _{h5}	0.74 %	2.01	1.09	-0.15	0.50	0.53	0.79	0.77
SELBSTWIRKSAMKEITSERWARTUNG BEIM EXPERIMENTIEREN								
SWEE _{Exp1}	0.34 %	1.95	1	0.06	0.49	0.53	0.68	0.64
SWEE _{Exp2}	0.34 %	2.51	0.94	-0.27	0.63	0.59	0.64	0.64
SWEE _{Exp3}	0.60 %	3	0.91	-0.84	0.75	0.43	0.73	0.74
SWEE _{Exp4}	0.13 %	2.31	0.89	-0.47	0.58	0.57	0.66	0.68

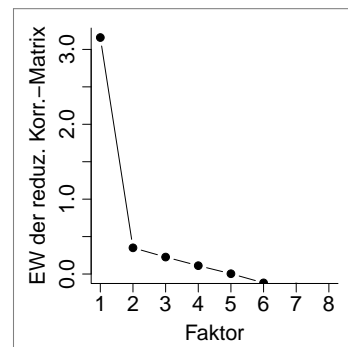
Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Selbstwirksamkeitserwartung für naturwiss.-techn. Arbeitsweisen

Einige Items des umfangreichen Item-Inventars für die *Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) naturwissenschaftlich-technisch-wirtschaftliche Arbeitsweisen* wurden schon vor der Pilotierung gestrichen, um die Gesamtanzahl der Items in den Fragebögen zu reduzieren. Streichungen erfolgen auf Basis der Untersuchung von Weßnigk (2013). Dabei wurden nach Weßnigk (2013) nicht signifikante Items zuerst gestrichen; ebenso solche, die keine Schnittmenge mit den Inhalten des Experimentiertags am Schülerlabor DeltaX haben; repräsentative Items für die Bereiche natwiss-tech-wirtschaftl. Arbeitsweisen wurden für die Pilotierung beibehalten:

- Bereich 1: *Ideen und Problemlösen* – Items 1 bis 5
- Bereich 2: *Forschen und Entwickeln* – Items 5 bis 9
- Bereich 3: *Technik* – Items 11 & 12
- Bereich 4: *Teamarbeit* – Items 14 bis 16
- Bereich 5: *unternehmerische Kompetenzen* – Items 17 bis 20

FAKTORENANALYSE Da diese Skala erstmals bei Weßnigk (2013) zum Einsatz kam, wird die explorative Faktorenanalyse (EFA) eingesetzt: Die Analyse der *KMO*-Kriterien zeigt, dass alle Items *i* gut für die EFA geeignet sind ($KMO_i \geq 0.81$); die Gesamtskala weist eine *sehr gute* Eignung der Daten auf ($KMO = 0.89$). Der Scree-Plot (Principal Axes Factoring, rechts) ist aufgrund des fehlenden „Knicks“ in der Kurve wenig aufschlussreich was die Anzahl der zu extrahierenden



Faktoren betrifft. Das Kaiser-Kriterium (nur Faktoren extrahieren, deren Eigenwert größer 1 ist) kann bei Hauptachsenanalysen auch nicht sinnvoll angewandt werden. Somit müssen in dem Fall stärker als sonst theoretische Betrachtungen in die Wahl der Faktorenanzahl einfließen: Dabei fällt auf, dass Weßnigks Bereiche 1 & 2, sowie 4 & 5 evtl. zusammengefasst werden können – was für die Extraktion von 3 Faktoren spräche.

Die 3-Faktorenlösung nach Hauptachsenanalyse (engl. *Principal Axes Factoring*, kurz PAF) mit anschließender obliquier Rotation (Promax) stimmt genau mit den Überlegungen oben überein (Tab. 55); daher werden 3 latente Faktoren (Aspekte von SWE bzgl. naturwiss.-techn. Arbeitsweisen) angenommen:

Dabei bilden die Items 1, 3, 5, 6 & 7 den ersten Faktor, welche die beiden Bereiche „Ideen und Problemlösen“ und „Forschen und Entwickeln“ bei Weßnigk (2013) zusammenfassen. Die Items 11 & 12 bilden den zweiten Faktor, welcher perfekt mit dem Bereich „Technik“ übereinstimmt. Schließlich bilden die Items 14, 16 & 17 den dritten Faktor, welcher die letzten beiden Bereiche „Teamarbeit“ und „unternehmerische Kompetenzen“ zusammenfasst. Die Items 18 & 19 laden nicht eindeutig auf einen Faktor und werden deshalb ausgeschlossen. Item 9 wird aufgrund niedriger Ladung und Kommunalität ausgeschlossen. Die Items 5 & 6 laden beide gut auf den ersten Faktor, werden jedoch zugunsten einer Reduzierung der Itemanzahl nach inhaltlichen Gesichtspunkten (*kreativer Aspekt*) ebenfalls ausgeschlossen.

Somit ergibt sich folgende Zuordnung auf die insgesamt 3 Aspekte:

1. *Kreativer Aspekt* – Items 1, 3 & 7
2. *Technischer Aspekt* – Items 11 & 12
3. *Kooperativer Aspekt* – Items 14, 16 & 17

Mit dieser Zuordnung lassen *SRMR* und *RMSEA* auf eine *sehr gute* Modellpassung schließen.

Tab. 55: Faktorenstruktur der Skala *SWE naturwis. Arbeitsweisen* (Pilotierung; $N = 74$; T2) nach PAF mit Promax-Rotation.

ITEM	KURZFORMULIERUNG	FAKTORLADUNG			h^2
		F1(KR)	F2(TE)	F3(KO)	
SWENA1	kreative Impulse geben.	0.70			0.54
SWENA3	Problemlösung entwickeln.	0.58			0.68
SWENA5	praktische Probleme lösen.	0.58			0.59
SWENA6	neue Verfahren entwickeln.	0.79			0.61
SWENA7	neue Produkte entwickeln.	0.94			0.69
SWENA9	im exp. Bereich forschen.			0.35	0.47
SWENA11	techn. Prozesse verstehen.		0.81		0.85
SWENA12	techn. Prozesse umsetzen.		0.82		0.79
SWENA14	mit anderen kooperieren.			0.92	0.72
SWENA16	in Teamarbeit Verantwortung.			0.94	0.74
SWENA17	Entscheidungen treffen.			0.94	0.80
SWENA18	Arbeitsaufträge geben.	0.45		0.42	0.49
SWENA19	komplexe Aufg. bearbeiten.	0.37		0.62	0.70

Varianzaufklärung (Pilotierung): 0.77. Modelfit: $SRMR = 0.03$, $RMSEA = 0.00$.

Hinweise: h^2 : Kommunalität; *: Inverses Item; Faktorladungen von ausgeschl. Items und Faktorladungen < 0.3 sind nicht dargestellt.

ITEMANALYSE Die Itemanalyse mit den Pilotierungsdaten (Tab. 56) zeigt eine *sehr gute* Reliabilität der Gesamtskala (Cronbachs $\alpha = 0.86^{T1}|0.89^{T2}$). Für die Hauptstudie wurden alle Items übernommen.

Die Itemanalyse mit den Daten der Hauptstudie (siehe Tab. 57) weist eine *gute* Reliabilität auf. Für die Auswertung werden alle Items herangezogen.

Tab. 56: Itemanalyse der Skala *SWE naturwis. Arbeitsweisen* (Pilotierung; $N = 74$).
(Zeitpunkt T1 & T2; 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); $\alpha = 0.86^{T1}|0.89^{T2}$)

ITEM	T1: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
SWENA1	2.70 %	2.29	0.97	-0.14	0.57	0.53	0.85	0.88
SWENA3	4.05 %	2.35	1.08	-0.39	0.59	0.68	0.83	0.86
SWENA7	1.35 %	2.29	1.14	-0.12	0.57	0.48	0.86	0.88
SWENA11	2.70 %	2.25	1.14	-0.38	0.56	0.67	0.83	0.87
SWENA12	2.70 %	2.19	1.07	-0.45	0.55	0.58	0.84	0.87
SWENA14	2.70 %	2.99	1.08	-1.16	0.75	0.50	0.85	0.88
SWENA16	1.35 %	2.93	1.13	-1.11	0.73	0.68	0.83	0.88
SWENA17	1.35 %	2.7	1.05	-0.67	0.67	0.72	0.83	0.87

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Tab. 57: Itemanalyse der Skala *SWE naturwis. Arbeitsweisen* (Hauptstudie; $N = 1490$).
(Zeitpunkt T1 & T2; 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); $\alpha = 0.84^{T1}|0.84^{T2}$)

ITEM	T1: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
SWENA1	0.67 %	2.29	1.01	-0.24	0.57	0.44	0.83	0.84
SWENA3	0.54 %	2.34	1.04	-0.22	0.58	0.65	0.81	0.81
SWENA7	0.67 %	2.25	1.07	-0.22	0.56	0.61	0.81	0.82
SWENA11	0.74 %	2.27	1.13	-0.21	0.57	0.61	0.81	0.82
SWENA12	0.60 %	2.27	1.07	-0.22	0.57	0.63	0.81	0.82
SWENA14	0.40 %	3.07	0.88	-1	0.77	0.47	0.83	0.84
SWENA16	0.47 %	2.64	1.01	-0.6	0.66	0.56	0.82	0.83
SWENA17	0.60 %	2.56	0.95	-0.49	0.64	0.57	0.82	0.82

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Berufsorientierung

ITEMANALYSE Die Itemanalyse der Skala *Einstellung zum naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz* (Weßnigk, 2013) mit den Pilotierungsdaten (Tab. 58) zeigt eine gute Reliabilität (Cronbachs $\alpha = 0.88^{T1}|0.89^{T2}$). Für die Hauptstudie wurden die Items BOENW3 & BOENW5 entfernt (Reduktion der Itemanzahl bei Verbesserung der Reliabilität).

Die Itemanalyse mit den Daten der Hauptstudie (siehe Tab. 59) zeigt eine hervorragende Reliabilität ($\alpha = 0.93^{T1}|0.94^{T2}$). Für die Auswertung wurden alle in Tab. 59 gelisteten Items herangezogen.

Tab. 58: Itemanalyse der Skala *Einstellung zum naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz* (Pilotierung; $N = 74$; T1 & T2; 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); $\alpha = 0.88^{T1}|0.89^{T2}$)

ITEM	T1: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
BOENW1	1.35 %	1.96	1.46	0.04	0.49	0.78	0.84	0.83
BOENW2	2.70 %	2.08	1.35	-0.08	0.52	0.86	0.82	0.84
BOENW3	1.35 %	2.66	1.11	-0.52	0.66	0.45	0.91	0.90
BOENW4	1.35 %	1.75	1.15	0.37	0.44	0.84	0.83	0.86
BOENW5	1.35 %	2.74	1.2	-0.78	0.68	0.66	0.87	0.89

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Tab. 59: Itemanalyse der Skala *Einstellung zum naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz* (Hauptstudie; $N = 1490$; T1 & T2; 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4); $\alpha = 0.93^{T1}|0.94^{T2}$)

ITEM	T1: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
BOENW1	0.47 %	1.88	1.38	0.16	0.47	0.87	0.89	0.89
BOENW2	0.54 %	2.11	1.31	-0.04	0.53	0.88	0.88	0.90
BOENW4	0.54 %	1.63	1.26	0.39	0.41	0.82	0.93	0.94

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Bilanz des Schülerlaborbesuchs

ITEMANALYSE Im Folgenden sind in zusammengefasster Form die Skalen zur Bilanzierung des Schülerlaborbesuchs dargestellt:

1. Erwartungen und erfüllte Erwartungen (T1 & T2) – neu
2. Wahrgenommener Lernzuwachs (T2) – Weißnigk (2013)
3. Wahrgenommene Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag (T2) – Pawek (2009)
4. Einblick in die Forschung (T2) – Pawek (2009)

Die Itemanalyse mit den Pilotierungsdaten (Tab. 60) zeigt für die *Erwartungen* eine akzeptable Reliabilität. Für die Hauptstudie alle Items beibehalten. Die Reliabilität für die Skala *wahrgenommener Lernzuwachs* ist nur fragwürdig, daher wurden die Items BLZ1 & BLZ3 im Wortlaut geändert. Die anderen beiden Skalen *wahrgenommene Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag* und *Einblick in die Forschung* zeigen gute Reliabilitätswerte. Für die Hauptstudie wurden die Items BBA1 & BEF1 entfernt (Reduktion der Itemanzahl bei Verbesserung der Reliabilität).

Die Itemanalyse mit den Daten der Hauptstudie (siehe Tab. 61) offenbart für die Skala *Erwartungen* noch immer eine fragwürdige Reliabilität (Cronbachs $\alpha = 0.59^{T1}|0.57^{T2}$). Da die Reliabilität auch nicht durch Itemausschluss verbessert werden kann, wird diese Skala für die Auswertung verworfen.

Mäßige Reliabilitäten zeigen sich für die Skalen *wahrgenommener Lernzuwachs* ($\alpha = 0.64^{T2}$) und für *Einblick in Forschung* ($\alpha = 0.68^{T2}$). Für die *wahrgenommene*

Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag ergibt sich eine gute Reliabilität ($\alpha = 0.83^{T2}$). Dementsprechend wird diese Skala für die Auswertung mit allen Items verwendet. Trotz mäßiger Reliabilität werden ebenfalls die Skalen zum *wahrgenommenen Lernzuwachs* und zum *Einblick in Forschung* für die Auswertung herangezogen.

Tab. 60: Itemanalyse der Skalen zur *Bilanz des Schülerlaborbesuchs*.
(Pilotierung; $N = 74$; 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4))

ITEM	T2: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
(ERFÜLLTE) ERWARTUNGEN ($\alpha = 0.7^{T1} 0.69^{T2}$)								
BEES1	0.00 %	3.69	0.64	-2.12	0.92	0.54	0.72	0.61
BEES2	0.00 %	3.57	0.68	-1.51	0.89	0.68	0.40	0.45
BEES3	0.00 %	2.41	1.24	-0.41	0.60	0.48	0.64	0.82
WAHRGENOMMENER LERNZUWACHS ($\alpha = 0.64^{T2}$)								
BLZ1	0.00 %	3.04	1	-0.89	0.76	0.49	-	0.52
BLZ2	0.00 %	2.93	0.87	-0.25	0.73	0.50	-	0.53
BLZ3	0.00 %	2.88	0.92	-0.28	0.72	0.42	-	0.58
BLZ4	0.00 %	3.31	0.99	-1.47	0.83	0.30	-	0.66
BEDEUTUNG VON NW FÜR DEN ALLTAG ($\alpha = 0.87^{T2}$)								
BBA1	1.35 %	2.95	1	-0.88	0.74	0.65	-	0.87
BBA2	1.35 %	3.03	0.93	-0.67	0.76	0.76	-	0.83
BBA3	2.70 %	3.17	0.87	-0.95	0.79	0.78	-	0.82
BBA4	2.70 %	3.04	1.03	-0.85	0.76	0.75	-	0.83
EINBLICK IN FORSCHUNG ($\alpha = 0.78^{T2}$)								
BEF1	5.41 %	2.61	0.98	-0.27	0.65	0.46	-	0.79
BEF2	4.05 %	2.79	0.97	-0.5	0.70	0.66	-	0.68
BEF3	5.41 %	3.27	0.87	-1.07	0.82	0.57	-	0.73
BEF4	5.41 %	3.33	0.94	-1.5	0.83	0.64	-	0.69

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Tab. 61: Itemanalyse der Skalen zur *Bilanz des Schülerlaborbesuchs*.
(Hauptstudie; $N = 1490$; 5-stufig Likert (Werte 0 bis 4))

ITEM	T2: MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
ERWARTUNGEN ($\alpha = 0.59^{T1} 0.57^{T2}$) ← Skala wird verworfen								
BEES1	0.74 %	3.28	0.81	-1.02	0.82	0.38	0.54	0.47
BEES2	1.14 %	2.94	0.88	-0.57	0.73	0.43	0.40	0.39
BEES3	0.87 %	2.27	1.12	-0.14	0.57	0.34	0.53	0.55
WAHRGENOMMENER LERNZUWACHS ($\alpha = 0.64^{T2}$)								
BLZ1	0.81 %	3.17	0.98	-1.1	0.79	0.40	-	0.59
BLZ2	1.14 %	2.7	0.85	-0.33	0.54	0.39	-	0.59
BLZ3	0.81 %	3.26	0.81	-0.93	0.82	0.46	-	0.54
BLZ4	0.94 %	3.34	0.86	-1.47	0.84	0.42	-	0.57
BEDEUTUNG VON NW FÜR DEN ALLTAG ($\alpha = 0.83^{T2}$)								
BBA2	0.87 %	2.87	0.92	-0.57	0.72	0.66	-	0.79
BBA3	0.94 %	2.95	0.86	-0.52	0.74	0.73	-	0.72
BBA4	0.94 %	2.82	0.91	-0.44	0.71	0.66	-	0.78
EINBLICK IN FORSCHUNG ($\alpha = 0.68^{T2}$)								
BEF2	1.14 %	2.68	0.94	-0.49	0.67	0.53	-	0.53
BEF3	1.01 %	3.07	0.89	-0.81	0.77	0.49	-	0.58
BEF4	1.07 %	3.08	0.89	-0.75	0.62	0.45	-	0.63

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Einstellungen und Vorstellungen zu Radioaktivität und Strahlung

Die Items zu den *Einstellungen und Vorstellungen zu Radioaktivität und Strahlung* (Interesse an der Thematik Radioaktivität, Argumentationsfähigkeit, Fehlvorstellungen, Angst vor Strahlung, Abneigung gegenüber Radioaktivität) wurden erst zur Hauptstudie in den Fragebogen aufgenommen. Die Items sind zwar thematisch sortiert, allerdings erfolgt die Auswertung nicht auf Skalen-, sondern auf Einzelitemebene. Daher entfällt die Skalenanalyse. Die Items sind gemischt im Fragebogen enthalten (Zeitpunkte T1 & T2).

7.1.4 Objektivität der Fragebogenerhebung

Moosbrugger und Keleva (2012) differenzieren das Gütekriterium *Objektivität* in drei Aspekte. Anhand dieser Aspekte erfolgt die Prüfung auf Objektivität (die Angaben in Klammern beziehen sich dabei auf die Handhabung in dieser Untersuchung):

1. *Durchführungsobjektivität*: Liegt vor, wenn ...
 - Testergebnis unabhängig von der Testperson (Fragebogen wird ausgegeben und Lernende füllen ohne Beteiligung anderer aus) ✓
 - standardisierter Test (Durchführungsbedingungen variieren nicht) ✓
2. *Auswertungsobjektivität*: Liegt vor, wenn ...
 - Testergebnis unabhängig von der Testauswerter (Verwendung von Likert-Skalen; gleiche und dokumentierte Auswertemethoden für alle Testitems) ✓
 - alle Testauswerter kommen zum gleichen Ergebnis (nur ein Auswerter, gleiche Auswertemethoden) ✓
3. *Interpretationsobjektivität*: Liegt vor, wenn ...
 - verschiedene Testanwender bei Testpersonen mit demselben Testwert zu denselben Schlussfolgerungen kommen (Interpretation der Ereignisse festen Regeln folgt; z.B. Effektmaße, Angabe von weiteren statistischen Kenngrößen, Orientierung am wissenschaftlichen Konsens und Abgleich mit vergleichbaren Studien) ✓

Das Gütekriterium der *Objektivität* ist demnach erfüllt.

7.1.5 Reliabilität der Skalen

Das Gütekriterium *Reliabilität* der Skalen lässt sich schnell und übersichtlich mittels *Cronbachs α* darstellen. Der Interpretationsschlüssel dieser Kennzahl kann [Tab. 15](#) auf [Seite 108](#) entnommen werden ([Kapitel 6: Statistische Analyseverfahren](#)).

In [Tab. 62](#) sind zusammenfassend und überblicksartig die Kennzahlen der Reliabilität aller verwendeten Skalen dokumentiert. Unakzeptable Reliabilitäten zeigten die Skalen *Kommunikationsengagement* und *Bilanz: Erwartungen / erfüllte Erwartungen*. Daher werden die Skalen für die Auswertung ausgeschlossen. Für die Skalen *Basic Needs: Autonomieerleben* sowie für *Bilanz: wahrgenommener Lernzuwachs und Einblick in Forschung* ergibt sich nur eine *akzeptable* Reliabilität. Die Reliabilität der restlichen 22 Skalen ist in Pilotierung und Hauptstudie als *mindestens gut* zu beurteilen.

Daher kann abschließend festgehalten werden, dass das Gütekriterium der *Reliabilität* erfüllt ist.

Tab. 62: Reliabilität der Skalen im Fragebogen.

SKALA	ANZAHL ITEMS				CRONBACHS α			
	QU	P	H	A	P(T1)	P(T2)	H(T1)	H(T2)
WAHRGENOMMENE QUALITÄT DER BETREUUNG								
Kognitive Aktivierung	10	10	6	6	-	0.73	-	0.75
Konstruktive Unterstützung	8	8	4	4	-	0.80	-	0.71
Lernförderliches Klima	6	6	3	3	-	0.82	-	0.70
Klarheit	8	8	4	4	-	0.71	-	0.78
Kommunikationsengagement	11	11	-	-	-	<0.5	-	-
Kommunikation	8	8	4	4	-	0.81	-	0.77
ZIELVARIABLEN DES SCHÜLERLABORS								
Betreuer-Schüler-Beziehung								
— Sympathie-bezogen	9	5	3	3	-	0.84	-	0.83
— Verhaltens-bezogen	9	5	3	2	-	0.88	-	0.88
Basic Needs								
— Autonomieerleben	6	6	4	4	-	0.64	-	0.65
— Kompetenzerleben	7	7	4	4	-	0.80	-	0.71
— soziale Eingebundenheit	9	8	4	4	-	0.92	-	0.77
Dispositionales Interesse								
— Sachinteresse Naturwiss.	7	6	4	4	0.79	0.68	0.79	0.79
— Sachinteresse Physik	6	5	4	3	0.83	0.90	0.81	0.83
— Fachinteresse Physik	5	5	4	3	0.89	0.89	0.88	0.88
Aktuelles Interesse								
— Emotionale Komponente	5	5	3	3	-	0.92	-	0.84
— Wertbezogene Komponente	5	4	3	3	-	0.87	-	0.71
— Epistemische Komponente	4	4	4	4	-	0.79	-	0.81
Image von Physik								
— als Unterrichtsfach	7	7	4	4	0.80	0.85	0.69	0.76
— als Wissenschaft	7	7	4	4	0.87	0.83	0.70	0.73
Selbstwirksamkeitserwartung								
— im Physikunterricht (PU)	7	7	4	4	0.78	0.79	0.80	0.81
— beim Experimentieren im PU	6	6	4	4	0.78	0.80	0.74	0.74
— bzgl. nat.-wiss. Arbeitsweisen	21	13	8	8	0.86	0.89	0.84	0.84
Einstellung NW-Arbeitsplatz	6	5	3	3	0.91	0.90	0.93	0.94
Bilanz								
— Erwartung / erfüllte Erwart.	5	5	3	-	0.70	0.69	0.59	0.57
— wahrgen. Lernzuwachs	4	4	4	4	-	0.66	-	0.64
— wahrgen. Bedeutung von NW	4	4	3	3	-	0.87	-	0.83
— Einblick in Forschung	4	4	3	3	-	0.79	-	0.68

Hinweise: Anzahl der Items in QU: Quelle der Skala / Ursprung, P: Pilotierung, H: Hauptstudie; A: zur Auswertung herangezogen.

7.1.6 Validität der Skalen

Nach Fischer und Krabbe (2015) gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, die *Validität von Likert-Skalen* zu beurteilen (siehe auch [Kapitel 6](#)). Die Validität der eingesetzten Skalen zeigt sich in den folgenden Aspekten:

1. Die zugehörigen Items scheinen bei allen Skalen in ihren Formulierungen mit der Theorie sehr gut zusammenzupassen (*Augenscheinvalidität*).
2. Die Items wurden im Fragebogen mit anderen Items gemischt; außerdem ist die Reliabilität bei Skalen mit inversen Items beim Großteil gut bis sehr gut, mindestens aber akzeptabel (spricht für *interne Validität*).
3. Durch explorative Faktorenanalysen der neu entwickelten Skalen konnte gezeigt werden, dass die Faktorenstruktur der Skalen angemessen ist (*Konstruktvalidität*).
4. Gleiches gilt für bereits existierende Skalen, bei denen die *Konstruktvalidität* durch konfirmatorische Faktorenanalysen gezeigt werden konnte.
5. Die Regressionsanalyse ausgewählter Skalen (Kognitive Aktivierung, Konstruktive Unterstützung, Kommunikation, Basic Needs und Betreuer-Schüler-Beziehung) zeigte, dass die Skalen in hohem Maße mit den empirisch sehr gut abgesicherten WIHIC-Skalen (Dorman, 2003) als Außenkriterium übereinstimmen (*Kriteriumsvalidität* – [Abschnitt 7.1.7](#)).
6. Zudem konnte durch *Kreuzvalidierung* mit den Skalen des WIHIC-Fragebogens die (*Kreuz-*)*Validität* dieser Skalen gezeigt werden ([Abschnitt 7.1.7](#)).

Daher kann auch das Gütekriterium der *Validität* als erfüllt angesehen werden kann.

7.1.7 Übertragbarkeit der Skalen zur Betreuungsqualität (Regression und Kreuzvalidierung)

Die Übertragbarkeit der Skalen zur Betreuungsqualität wurde durch einen Abgleich mit dem *What Is Happening In the Class?*-Fragebogen (WIHIC) (Fraser, 1998) geprüft. Der WIHIC-Fragebogen wird vor allem im englischsprachigen Raum häufig zur Erhebung von Unterrichtsmerkmalen eingesetzt. Die Validität der Skalen ist sehr gut empirisch abgesichert (siehe z.B. Dorman, 2003; Wolf & Fraser, 2008) – daher lohnt sich ein Vergleich mit denen in dieser Untersuchung eingesetzten Skalen. Die vollständige Itemübersicht des WIHIC-Fragebogens findet sich in [Anhang B](#).

Methodisch erfolgt der Vergleich der Skalen durch *Kreuzvalidierung* (siehe [Abschnitt 6.3.5](#) auf [Seite 110](#)). Einen Überblick über die zu vergleichenden Skalen findet sich in [Tab. 63](#).

Tab. 63: Überblick der Skalen für die Kreuzvalidierung.

SKALA IN DIESER STUDIE	WIHIC-SKALA
1 Basic Needs: Soziale Eingebundenheit (<i>BNE</i>)	Student Cohesiveness (<i>SCo</i>)
2 Konstruktive Unterstützung (<i>Unt</i>)	Teacher Support (<i>TS</i>)
3 Basic Needs: Autonomie- und Kompetenzerleben (<i>BNA & BNK</i>)	Involvement (<i>Involv</i>)
4 Kognitive Aktivierung (<i>Aktiv</i>)	Investigation(<i>Invest</i>)
5 Kommunikation (<i>Komm</i>)	Cooperation (<i>Coop</i>)
6 Betreuer-Schüler-Beziehung – Handlungs- und Verhaltensbezogene Faktoren (<i>LSBHV</i>)	Equity (<i>Equ</i>)

Dazu wurde ein eigener Fragebogen entwickelt, der in gemischter Form alle Items der in [Tab. 63](#) gelisteten Skalen enthält (5-stufige Likert-Skalen; [Anhang B5](#)). Der Fragebogen wurde von 3 gymnasialen Schulklassen ausgefüllt (vgl. [Tab. 64](#); Gymnasium; $N = 106$). Für jedes „Skalenpaar“ erfolgte zunächst die klassische *Itemanalyse*, darauffolgend die Regression mit *Residualanalyse* und abschließend die *Kreuzvalidierung*. Im Folgenden soll zunächst ein Beispiel ausführlich dargestellt werden; die Ergebnisse der weiteren Skalenpaare werden dann nach derselben Struktur ermittelt und in übersichtlicher Form präsentiert.

Tab. 64: Die Stichprobe für die Kreuzvalidierung ($N = 106$).

KLASSE	♂	♀	ØALTER	Σ
10	17	14	15.48	31
11	24	20	16.50	44
12	21	10	16.65	31
Σ	62	44		106

Beispiel: Soziale Eingebundenheit und Student Cohesiveness

Vermutet wird die starke Übereinstimmung der Skala *Basic Needs: Soziale Eingebundenheit* (Weßnigk, 2013) mit der WIHIC-Skala *Student Cohesiveness* (Fraser, 1998).

ITEMANALYSE Die Itemanalysen der beiden Skalen finden sich in den Tab. 65 & 66. Für die Kreuzvalidierung werden alle Items herangezogen.

Tab. 65: Itemanalyse der Skala *Basic Needs: Soziale Eingebundenheit* (5-stufige Likert-Skala; Werte von 0 bis 3; $\alpha = 0.85$; $N = 106$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
BNE2	0.00 %	3.23	0.94	-1.35	0.81	0.65	0.82
BNE3	0.00 %	3.1	0.96	-1.31	0.78	0.72	0.80
BNE6	0.00 %	3.52	0.95	-2.38	0.88	0.69	0.81
BNE7	0.00 %	3.5	0.81	-1.56	0.88	0.53	0.84
BNE8	0.00 %	3.23	0.95	-1.58	0.81	0.69	0.81

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

Tab. 66: Itemanalyse WIHIC-Skala *Student Cohesiveness* (5-stufige Likert-Skala; Werte von 0 bis 3; $\alpha = 0.82$; $N = 106$)

ITEM	MISS	\bar{X}	sd	v	P	r_{it}	α^-
wZus1	0.00 %	3.56	0.92	-2.48	0.89	0.55	0.80
wZus2	0.00 %	3.03	1.09	-0.97	0.76	0.42	0.82
wZus3	0.00 %	3.41	1	-1.93	0.85	0.48	0.81
wZus4	0.00 %	3.16	1.08	-1.31	0.79	0.67	0.78
wZus5	0.00 %	3.35	0.82	-1.54	0.84	0.72	0.78
wZus6	0.00 %	3.27	0.85	-1.01	0.82	0.40	0.82
wZus7	0.00 %	3.19	0.98	-1.35	0.80	0.66	0.78
wZus8	0.00 %	3.32	0.87	-1.52	0.83	0.48	0.81

Hinweise: MISS: Missings, \bar{X} : Mittelwert, sd : Standardabweichung, v : Schiefe, P : Itemschwierigkeit, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

REGRESSION UND RESIDUENANALYSE Zunächst erfolgt die Aufstellung der Regressionsgleichung. Modelliert wird der Zusammenhang zwischen der WIHIC-Skala *Student Cohesiveness* (*SCo*) und der Skala *Basic Needs: Soziale Eingebundenheit* (*BNE*) in der folgenden Form:

$$SCo_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot BNE_i + e_i \quad (43)$$

mit SCo_i : Ausprägung von *SCo* für Individuum i ;

BNE_i : Ausprägung von *BNE* für Individuum i ;

β_0 : Regressionskonstante („Intercept“);

β_1 : Regressionskoeffizient zum Prädiktor *BNE* („Slope“);

e_i : Residuum bzw. Fehlerterm.

Die grafische Darstellung des Zusammenhangs ist in [Abb. 39a](#) dargestellt. Auffallend sind die „Ausreißer“ im Diagramm. Um die Güte der Modellierung (und damit der Kreuzvalidierung) erheblich zu verbessern, werden diese anhand einer Residuenanalyse entfernt ([Abb. 39b](#)). Herausgenommen werden Datenpunkte, die in der Verteilung der Residuen mehr als 2 Standardabweichungen (sd) von 0 entfernt liegen (in [Abb. 39b](#) rot markiert). In dieser Art bereinigt ergibt sich der in [Abb. 39c](#) und [Tab. 67](#) dargestellte Zusammenhang. Erwartungsgemäß zeigt sich ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen *SCo* und *BNE* ($F(1, 100) = 293, p = .000^{***}$), wobei *BNE* ein sehr guter Prädiktor für *SCo* ist ($\beta_1 = 0.688^{***}$). Insgesamt können 74.3% der Varianz aufgeklärt werden, was nach Cohen ([1992](#)) einem *sehr starken* Effekt entspricht (Cohens $f = 1.7$).

Tab. 67: Lineare Regression von *Student Cohesiveness* (*SCo*).

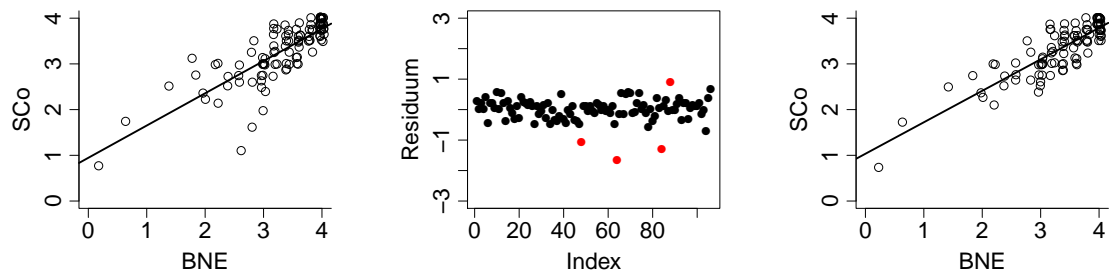
	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	t-STATISTIK	p
β_0 (Intercept)	1.034	0.138	7.52	<0.001
β_1 BNE	0.688	0.040	17.11	<0.001

$N = 102$; $R^2 = 0.745$; $R_{adj}^2 = 0.743$; Residual Std. Error (RSE) = 0.290;
 $F(1, 100) = 293, p < 0.001$.

Bemerkenswert ist der – durch den *Definitionsbereich* von *BNE* (0 bis 4) und der Regressionsgleichung ([Gl. 43](#)) – aufgespannte *Wertebereich* von *SCo*, der grob von 1 bis 4 reicht. Das bedeutet, dass zumindest mit der relativ kleinen Stichprobe ($N = 106$) die Skala *BNE* eine höhere Auflösung und Trennschärfe besitzt. Beide Skalen zeigen Deckeneffekte (vgl. [Tab. 65 & 66](#)); für die WIHIC-Skalen ist dies typisch (Dorman, [2003](#)).

KREUZVALIDIERUNG Nun wird die Stichprobe in zwei zufällige komplementäre Mengen geteilt. Mit der ersten Stichprobenhälfte erfolgt ein erneutes Aufstellen der Regressionsgleichung. Anhand dieser Gleichung werden dann (mit der zweiten Stichprobenhälfte) mit *BNE* die Werte für *SCo* geschätzt. Dasselbe erfolgt nun noch einmal mit vertauschten Untergruppen (*doppelte* Kreuzvalidierung).

Abschließend wird die Korrelation r_{pt} zwischen den den geschätzten Werten (*predicted values*) und den tatsächlichen Werten (*true values*) für *SCo* angegeben.



(a) Lineare Regression von $SCo(BNE)$ (Jitterplot). (b) Residuenanalyse (rot markierte werden entfernt). (c) Regression nach Residuenanalyse.

Abb. 39: Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen der WIHIC-Skala *Student Cohesiveness* (SCo) und der Skala *Basic Needs: Soziale Eingebundenheit* (BNE).

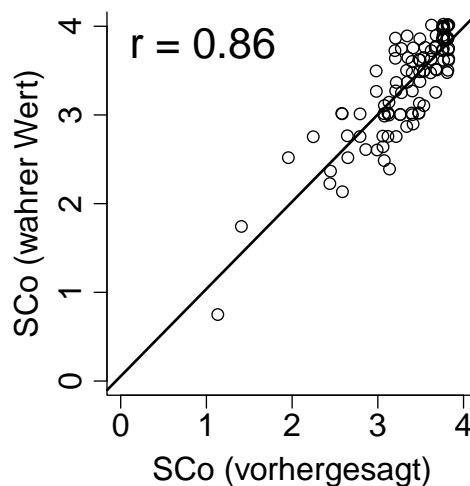


Abb. 40: Ergebnisse der Kreuzvalidierung: Die grafische Darstellung der Korrelation der durch die Skala *Basic Needs: Soziale Eingebundenheit* (BNE) vorhergesagten und der wahren Werte der WIHIC-Skala *Student Cohesiveness* (SCo).

In diesem Fall ergibt sich ein *starker* Zusammenhang ($r_{pt} = 0.86$); [Abb. 40](#)). Dies spricht für eine hohe Kreuzvalidität (beide Skalen messen also prinzipiell dasselbe).

Ergebnisse der Kreuzvalidierung

In [Tab. 68](#) sind alle Ergebnisse der Kreuzvalidierung für die 6 Skalen-Paare dokumentiert. Es ergeben sich für nahezu alle Skalen starke Korrelationen zwischen den geschätzten und den tatsächlichen Werten (r_{pt} in der Tabelle). Die einzige Ausnahme bildet das Skalenpaar *Komm-Coop*; jedoch ist selbst für diese Skala die Korrelation als mittelhoch einzustufen.

Insgesamt kann die Kreuzvalidität der geprüften Skalen als sehr zufriedenstellend angesehen werden. Die Reliabilität der WIHIC-Skalen liegt ebenfalls in einem sehr guten Bereich und ist leicht höher als die der angenommenen Pendanten. Allerdings zeigten die WIHIC-Skalen auch stärker Deckeneffekte.

Tab. 68: Ergebnisse der Kreuzvalidierung.

	SKALA		WIHIC-SKALA		LIN. REGRESSION			KREUZVAL.	
	KÜRZEL	α	KÜRZEL	α	β_0	β_1	β_2	R_{adj}^2	r_{pt}
1	BNE	0.85	SCo	0.82	1.034***	0.688***	-	0.743	0.86
2	Unt	0.67	TS	0.78	1.123***	0.688***	-	0.613	0.75
3	BNA& BNK	0.64 0.73	Involv	0.76	0.376°	0.577***	0.269***	0.604	0.74
4	Aktiv	0.77	Invest	0.83	0.984***	0.660***	-	0.611	0.78
5	Komm	0.73	Coop	0.83	2.350***	0.375***	-	0.411	0.62
6	LSBHV	0.86	Equ	0.82	0.841***	0.724***	-	0.574	0.75

Hinweise: α : Cronbachs α ; r_{pt} : Korrelation zw. geschätzten und wahren Werten; Lin. Regression: Jeweils WIHIC-Skala als AV; ° $p < 0.1$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

7.1.8 Rating von Betreuungsqualität vs. Wahrnehmung durch Lernende

Die Betreuungsqualität wurde von Lernenden durch den Fragebogen (T2) anhand der oben diskutierten und in [Anhang B](#) dokumentierten Skalen erhoben (kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung, lernfreundliches Klima, Klarheit, Kommunikation).

Parallel dazu fand an zufällig ausgewählten Experimentiertagen eine Beobachtung der Betreuung an den Stationen statt (1 Betreuer und ca. 8 Lernende), bei der dieselben Konstrukte (jedoch anhand anderer Items) durch einen Beobachter anhand des Beobachtungsbogens ([Anhang C](#)) erfasst wurden (hoch inferentes Rating).

An insgesamt 49 Experimentiertagen wurden durch das Rating Daten erhoben. Einschränkend ist zu vermerken, dass alle Ratings zwar anhand eines *Manuals* ([Anhang C](#)) durchgeführt wurden, jedoch immer von derselben Person. Mehrere Beobachter gleichzeitig (Stichwort *Interrater-Reliabilität*) konnten aus organisatorischen Gründen nicht herangezogen werden. Damit ist das Rating hochinferent.

Tab. 69: Rating von Betreuungsqualität vs. Wahrnehmung durch Lernende: Überblick der Konstrukte.

KONSTRUKT	KÜRZEL	
	FRAGEBOGEN	RATING
Kognitive Aktivierung	SAktiv	RAktiv
konstruktive Unterstützung	SUnt	RUnt
Lernförderliches Klima	SKlima	RKlima
Klarheit	SKlar	RKlar
Kommunikation	SKomm	RKomm
WERTEBEREICH	0 bis 4	0 bis 3

Tab. 70: Rating von Betreuungsqualität vs. Wahrnehmung durch Lernende: Ergebnisse der Regressionsanalyse.

	WAHRNEHMUNG (AV)	RATING (UV)	KORR.	LIN. REGRESSION		
			r	β_0	β_1	R^2_{adj}
1	SAktiv	RAktiv	0.02	2.817***	0.015	0.000
2	SUnt	RUnt	-0.01	3.470***	-0.004	0.000
3	SKlima	RKlima	-0.05	3.780***	-0.043	0.000
4	SKlar	RKlar	-0.1	3.320***	-0.073	0.000
5	SKomm	RKomm	-0.09	2.890***	-0.074	0.000

Hinweise: KORR.: Korrelation r ; Lin. Regression: AV: durch Lernende wahrgenommene Ausprägung des Konstrukts, UV: durch Beobachter eingeschätzte Ausprägung des Konstrukts; ° $p < 0.1$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

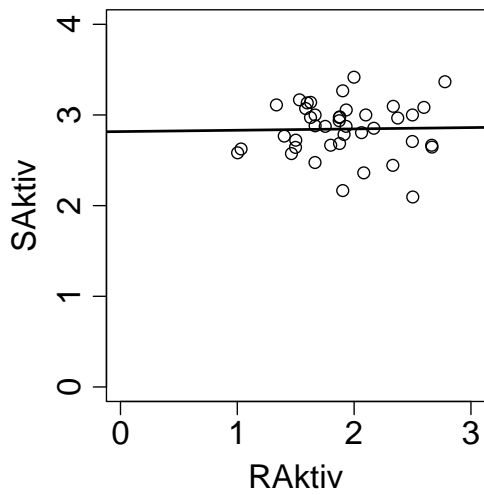
Für die Analyse der Zusammenhänge wurden folgende Daten verwendet:

1. Die über die Lernenden einer Station gemittelten Skalenwerte für *kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung, lernfreundliches Klima, Klarheit, Kommunikation* (Wahrnehmung durch Lernende; $N = 49$ Beobachtungen);
2. Die (anhand anderer Items) durch Rating erhobenen und zu einer Skala zusammengefassten Mittelwerte derselben Konstrukte (Rating durch Beobachter; $N = 49$ Beobachtungen).

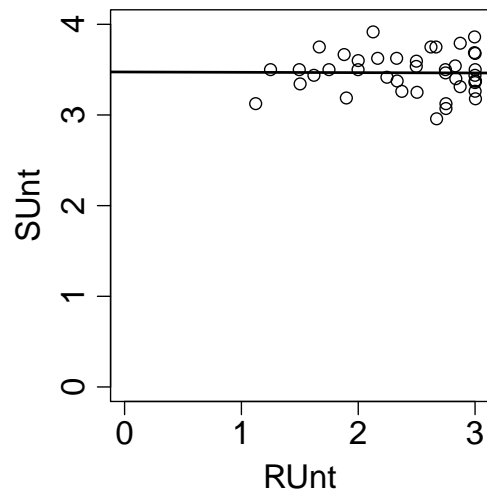
Methodisch erfolgt die Überprüfung des Zusammenhangs durch *Regressionsanalyse* – analog zur *Prüfung der Übertragbarkeit der Skalen zur Betreuungsqualität* (Abschnitt 7.1.7) – bei der jeweils die *Wahrnehmung durch Lernende* (AV) anhand des *Ratings* (UV) modelliert wird (vgl. Tab. 69).

ERGEBNISSE Die Ergebnisse der Regressionsanalyse (Abb. 41 & Tab. 70) zeigen deutlich, dass in keinem Fall signifikante Prädiktoren (β_1) gefunden werden konnten. Es besteht also kein Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung von Betreuungsqualität durch Lernenden und der Einschätzung eines Beobachters.

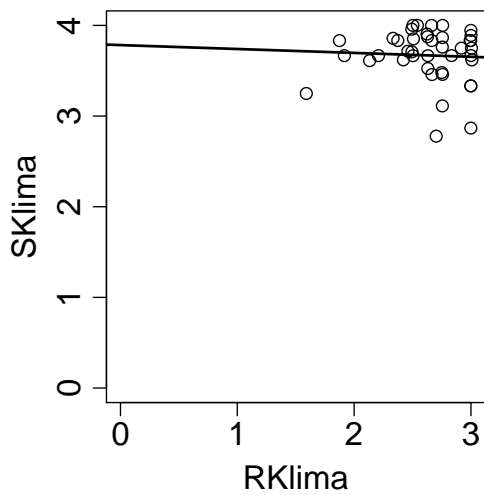
Insbesondere ist festzuhalten, dass die Lernenden die einzelnen Aspekte von Betreuungsqualität als gut empfinden, selbst wenn dies den beobachtbaren Kriterien nach (Rating) nicht der Fall ist.



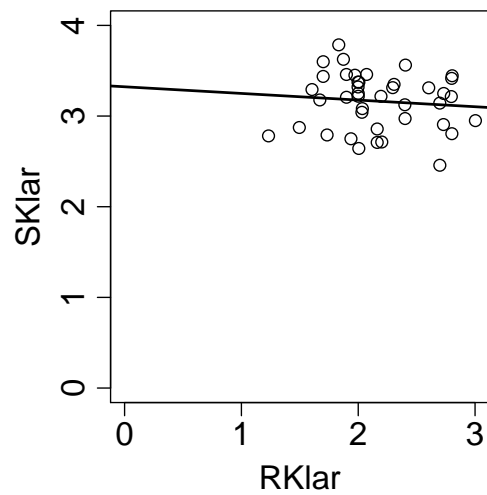
(a) Kognitive Aktivierung.



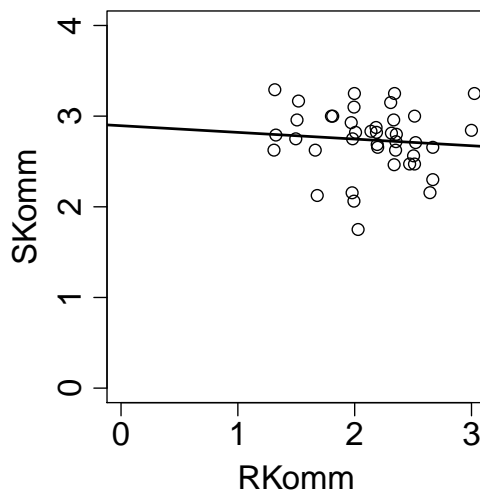
(b) Konstruktive Unterstützung.



(c) Lernfreundliches Klima.



(d) Klarheit.



(e) Kommunikation.

Abb. 41: Lineare Regression zwischen durch Lernende wahrgenommener Betreuungsqualität (AV und von einem Beobachter eingeschätzten Betreuungsqualität UV.)

7.2 PROFESSIONSWISSENSTESTS UND FRAGEBOGEN FÜR BETREUENDE (TO)

7.2.1 Fragebogen

Die Skalen der Fragebögen wurden analog zu den vorangegangenen Itemanalysen hinsichtlich ihrer Reliabilität analysiert. Aus Platzgründen wird (und auch im Hinblick auf die vergleichsweise geringe Anzahl an Betreuenden; $N = 13$) an dieser Stelle nicht ausführlich die Itemanalyse (dazu sei auf [Anhang A](#) verwiesen), sondern ein zusammenfassender Überblick der Reliabilitätsmaße der Skalen dokumentiert ([Tab. 71](#)). Der Interpretationsschlüssel der Kennzahl *Cronbachs α* kann [Tab. 15](#) auf [Seite 108](#) entnommen werden ([Kapitel 6: Statistische Analyseverfahren](#)).

Tab. 71: Reliabilität der Skalen im Fragebogen für Betreuer (To) bzgl. der weiteren Aspekte professioneller Handlungskompetenz neben dem Professionswissen nach Baumert und Kunter (2006).

SKALA	ANZAHL ITEMS	CRONBACHS α
MOTIVATIONALE ORIENTIERUNGEN		
Selbstwirksamkeitserwartung Physik zu lehren	3	0.76
Motivation zum Lehrerberuf (extrinsisch)	3	0.82
Motivation zum Lehrerberuf (introjiziert)	3	0.57
Motivation zum Lehrerberuf (identitätsbestimmt)	3	0.47
Motivation zum Lehrerberuf (intrinsisch)	4	0.45
Enthusiasmus (für Naturwissenschaften)	3	0.79
Enthusiasmus (gegenüber dem Experimentieren)	3	0.70
SELBSTREGULATIVE FÄHIGKEITEN		
Zielstrebigkeit	3	0.75
Distanzierungsfähigkeit	3	0.80
Proaktive Einstellung	4	0.75
WERTBINDUNGEN / PROFESSIONSMORAL		
Lehrertätigkeit als Berufung	4	0.49
Wahrnehmung des Lehrers als Pädagoge	6	0.70
Rezeptartiges Lernen	3	0.71
Aufgeschlossenheit gegenüber Methoden	3	0.75
Aufgeschlossenheit gegenüber Experimenten	3	0.70
Schülerorientierung beim Experimentieren	3	0.83

Hinweise: Anzahl der Items und Cronbachs α beziehen sich auf die jeweils angepasste Skala (Items entfernt aufgrund niedriger Trennschärfe r_{it} und / oder Reliabilitätsverbesserung ohne dieses Item).

In [Tab. 71](#) sind zusammenfassend und überblicksartig die Kennzahlen der Reliabilität aller verwendeten Skalen dokumentiert. In Anbetracht der sehr kleinen Stichprobe sind die Reliabilitäten der Skalen durchaus akzeptabel.

Nicht zufriedenstellende Kennwerte zeigten die Skalen *Motivation zum Lehrerberuf (identitätsbestimmt und intrinsisch)* und *Lehrertätigkeit als Berufung*. Daher werden diese Skalen für die Auswertung ausgeschlossen.

7.2.2 Professionswissenstests

Zur Aufgabenentwicklung für den Test des Fachwissens und des Fachdidaktischen Wissens wurden verschiedene Quellen herangezogen (vgl. [Abschnitt 5.3](#)).

Sämtliche Aufgaben wurden in Bezug auf die Stationen des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“ (*Umweltradioaktivität und Eigenschaften ionisierender Strahlung*) auf Basis der zugrundeliegenden Itemmodelle (FW: [Abb. 27](#) auf [Seite 84](#) bzw. FDW: [Abb. 28](#) auf [Seite 86](#)) neu entwickelt; orientieren sich jedoch an gängigen Tests (überwiegend Gramzow et al., 2013; Riese, 2009).

Der *Test des Fachwissens* besteht aus 34 Items im Single-Choice-, Multiple-Choice- und Kurzantwort-Format + Kodiermanual. Der *Test des fachdidaktischen Wissens* besteht aus 19 Items im Single-Choice-, Multiple-Choice- und Kurzantwort-Format + Kodiermanual ([Anhang A](#)).

Für den *Test des pädagogischen Wissens* konnten von Kemna (2012) insgesamt 32 Items im Single-Choice-Format übernommen werden, die der Autor konstruiert, evaluiert und revidiert hat. Diese prüfen in Form von (schriftlichen) Vignetten, inwieweit das anwendungsbezogene Wissen für eine pädagogisch sinnvolle Gesprächsführung ausgebildet ist. Die Aufgaben stammen vollständig aus den Testinstrumenten von Kemna (2012) und wurden im Hinblick auf den Kontext Schülerlabor modifiziert und auch in der Wortwahl leicht geändert.

EXPERTENINTERVIEW Nach Zusammenstellung der Aufgaben anhand der jeweiligen Itemmodelle (Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen) und ggf. Anpassung der Items auf den Kontext Schülerlabor (Pädagogisches Wissen) (vgl. [Abschnitt 5.3](#)) wurden die Aufgaben ausgewählten Experten der Arbeitsgruppe Physikdidaktik an der TU Dresden vorgelegt und auf Basis der kritischen Anmerkungen entsprechend überarbeitet und angepasst.

PILOTIERUNG Eine weitere Anpassung und Verbesserung der Testaufgaben (für Fach- und Fachdidaktisches Wissen) konnte durch den probeweisen Einsatz des Tests an einer kleinen Gruppe von Physik-Lehramtsstudierenden der TU Dresden (Wintersemester 2016; $N = 4$) vorgenommen werden. Die Studierenden wurden nach den folgenden Kriterien ausgewählt:

1. Studierende des Lehramts für Physik,
2. die im vergangenen Semester das Seminar „Physikalische Schulexperimente“ (PSE) absolviert haben,
3. die Belegarbeit in PSE zum Thema „Atomphysik“ oder „Kernphysik“ angefertigt haben und
4. der Teilnahme in der Freizeit der Studierenden zugestimmt haben.

Insgesamt wurden 7 Studierende angefragt; 4 haben den Probelauf der Tests absolviert. Die Ergebnisse der Tests sind in [Tab. 72](#) dargestellt. Es fällt auf, dass der Test des Fachwissens für die Studierenden recht schwierig war. Auch der Test des fachdidaktischen Wissens weist nur mittelhohe Punktzahlen auf (was angesichts der Tatsache, dass die Testteilnehmer alle Physik auf Lehramt studieren, doch etwas überrascht).

Tab. 72: Test von Fach- und Fachdidaktischem Wissen: Ergebnisse des Probelaufs ($N = 4$).

KOMPLEXITÄTSSTUFE	FACHWISSEN	FACHDIDAKTISCHES WISSEN
REPRODUZIEREN	1.5 / 9	13.75 / 17
VERSTEHEN	2.75 / 11	10 / 20
ANALYSIEREN	2.5 / 10	4.25 / 8
SUMME	6.75 / 32	28 / 45

Angegeben ist jeweils das Verhältnis von erreichten zur möglichen Anzahl der Punkte (Durchschnitt).

In Anbetracht der Ergebnisse wurden alle Items nochmals überarbeitet, in ihren Formulierungen geändert, durch Hinweise ergänzt und strukturell angepasst. Im Sinne einer didaktischen Fokussierung wurden zudem wichtige Stellen farblich markiert.

Itemanalyse (Hauptstudie)

FACHWISSEN Die Übersicht der Itemanalyse für den Test des Fachwissens ist in [Tab. 73](#) zu sehen. Insgesamt haben $N = 13$ Betreuende am Test teilgenommen. Der durchschnittliche Gesamtscore des Fachwissenstests liegt (vor der Reduktion von Items) im wünschenswerten Bereich ($\emptyset FW = 69\%$; $sd = 16.1\%$). Die Reliabilität des Tests ist als *gut* zu bezeichnen (Cronbachs $\alpha = 0.81$). Die Itemanalyse zeigt (Betrachtung von Trennschärfe r_{it} & α^- ; also Cronbachs α , wenn dieses Item gelöscht wird), dass eine Itemreduktion sinnvoll ist, um die Güte des Tests zu erhöhen. Daher werden die Items FW1a3, FW1b & FW9a ausgeschlossen (in [Tab. 73](#) grau dargestellt). Aufgrund von Deckeneffekten ($\bar{X}(=P) > 0.95$) werden für die Auswertung zusätzlich die Items FW3a & FW8c ausgeschlossen. Dadurch wird die Varianz vergrößert und somit die Diskriminationsfähigkeit des Tests leicht verbessert ($\emptyset FW = 66.3\%$; $sd = 18.9\%$). Die Reliabilität des Tests verbessert sich von $\alpha = 0.81$ auf $\alpha = 0.85$.

FACHDIDAKTISCHES WISSEN Die Kennwerte der Itemanalyse für den Test des fachdidaktischen Wissens ist in [Tab. 74](#) zu sehen ($N = 13$). Der durchschnittliche Gesamtscore des Tests liegt (vor der Reduktion von Items) im wünschenswerten Bereich ($\emptyset FDW = 68.6\%$; $sd = 11.4\%$). Die Reliabilität des Tests ist als *gut* zu bezeichnen (Cronbachs $\alpha = 0.77$). Um die Güte des Tests zu erhöhen, wird auf Basis der Itemanalyse eine Itemreduktion vorgenommen. Es werden die Items FDW11, FDW13, FDW14 & FDW15 ausgeschlossen (in [Tab. 74](#) grau dargestellt). Die Reliabilität des Tests verbessert sich von $\alpha = 0.81$ auf $\alpha = 0.83$ ($\emptyset FDW = 67.5\%$; $sd = 15.5\%$).

Tab. 73: Itemanalyse des Tests für das Fachwissen ($N = 13$; $\alpha = 0.85$).

ITEM	\bar{X}	sd	r_{it}	α^-	ITEM	\bar{X}	sd	r_{it}	α^-
FW01a1	0.92	0.28	0.38	0.80	FW08a	0.92	0.28	0.17	0.81
FW01a2	0.92	0.28	0.23	0.81	FW08b	0.69	0.48	0.32	0.80
FW01a3	0.69	0.48	0.01	0.81	FW08c	1	0		0.81
FW01b	0.77	0.44	-0.13	0.82	FW09a	0.77	0.44	-0.02	0.81
FW02	0.85	0.24	0.78	0.79	FW09b	0.31	0.48	0.27	0.80
FW03a	1	0		0.81	FW10a	0.38	0.51	0.40	0.80
FW03b	0.62	0.51	0.09	0.81	FW10b	0.46	0.52	0.36	0.80
FW03c	0.92	0.28	0.38	0.80	FW10c	0.69	0.48	0.53	0.79
FW03d	0.92	0.28	0.23	0.81	FW10d	0.46	0.52	0.35	0.80
FW04a	0.54	0.52	0.40	0.80	FW11a	0.54	0.52	0.53	0.79
FW04b	0.69	0.48	0.31	0.80	FW11b	0.46	0.52	0.35	0.80
FW04c	0.77	0.44	0.52	0.79	FW11c	0.85	0.38	0.46	0.80
FW05	0.85	0.24	0.56	0.80	FW12a	0.46	0.52	0.71	0.78
FW06	0.77	0.44	0.30	0.80	FW12b	0.23	0.44	0.36	0.80
FW07a	0.23	0.44	0.52	0.79	FW12c	0.69	0.48	0.40	0.80
FW07b	0.77	0.44	0.07	0.81	FW12d	0.62	0.51	0.16	0.81

Hinweise: \bar{X} : Mittelwert (= Itemschwierigkeit P), sd : Standardabweichung, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht; entfernte Items sind grau dargestellt.

Tab. 74: Itemanalyse des Tests für das fachdidaktische Wissen ($N = 13$; $\alpha = 0.83$).

ITEM	\bar{X}	sd	r_{it}	α^-	ITEM	\bar{X}	sd	r_{it}	α^-
FDW01	0.88	0.19	0.38	0.76	FDW10	0.73	0.26	0.32	0.77
FDW02	0.64	0.19	0.30	0.77	FDW11	0.6	0.16	-0.03	0.78
FDW03	0.94	0.21	0.30	0.77	FDW12a	0.58	0.33	0.72	0.73
FDW04	0.35	0.47	0.32	0.77	FDW12b	0.62	0.35	0.78	0.73
FDW05a	0.64	0.13	0.77	0.76	FDW13	0.77	0.21	0.16	0.78
FDW05b	0.46	0.52	0.40	0.77	FDW14	0.65	0.13	-0.01	0.78
FDW06	0.79	0.32	0.35	0.76	FDW15	0.79	0.2	-0.24	0.79
FDW07	0.87	0.14	0.28	0.77	FDW16	0.71	0.32	0.40	0.76
FDW08	0.54	0.17	0.26	0.77	FDW17	0.59	0.41	0.47	0.75
FDW09	0.35	0.47	0.59	0.74					

Hinweise: \bar{X} : Mittelwert (= Itemschwierigkeit P), sd : Standardabweichung, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht; entfernte Items sind grau dargestellt.

Tab. 75: Itemanalyse des Tests für das pädagogische Wissen ($N = 13$; $\alpha = 0.34$).

ITEM	\bar{X}	sd	r_{it}	α^-	ITEM	\bar{X}	sd	r_{it}	α^-
PW01	0.31	0.48	0.07	0.34	PW17	0.54	0.52	0.45	0.25
PW02	0.31	0.48	0.30	0.29	PW18	0.31	0.48	0.07	0.34
PW03	0.69	0.48	0.11	0.33	PW19	0.69	0.48	0.06	0.34
PW04	0.38	0.51	0.13	0.32	PW20	0.46	0.52	-0.28	0.41
PW05	0.23	0.44	0.38	0.28	PW21	0.62	0.51	0.17	0.32
PW06	0.38	0.51	0.24	0.30	PW22	0.31	0.48	0.07	0.34
PW07	0.08	0.28	-0.04	0.35	PW23	0.38	0.51	0.24	0.30
PW08	0.38	0.51	0.29	0.29	PW24	0.54	0.52	0.08	0.33
PW09	0.54	0.52	0.68	0.19	PW25	0.38	0.51	-0.57	0.46
PW10	0.62	0.51	-0.09	0.37	PW26	0.46	0.52	-0.14	0.38
PW11	0.15	0.38	-0.24	0.38	PW27	0.62	0.51	-0.14	0.38
PW12	0.31	0.48	0.47	0.25	PW28	0.46	0.52	-0.41	0.43
PW13	0.38	0.51	0.03	0.34	PW29	0.54	0.52	0.45	0.25
PW14	0.54	0.52	0.28	0.29	PW30	0.15	0.38	0.09	0.33
PW15	0.77	0.44	-0.16	0.38	PW31	0.08	0.28	0.24	0.32
PW16	0.46	0.52	-0.00	0.35	PW32	0.38	0.51	-0.16	0.38

Hinweise: \bar{X} : Mittelwert (= Itemschwierigkeit P), sd : Standardabweichung, r_{it} : Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht.

PÄDAGOGISCHES WISSEN Die Übersicht der Itemanalyse für den Test des pädagogischen Wissens ist in Tab. 75 zu sehen ($N = 13$). Die Reliabilität des Tests absolut *inakzeptabel* (Cronbachs $\alpha = 0.34$). Um die Reliabilität auf ein *akzeptables* Niveau ($\alpha \geq 0.7$) zu heben, müssten 10 Items entfernt werden (immerhin ca. 1/3 der Items). Selbst dann sind jedoch noch Items mit sehr niedriger Trennschärfe enthalten. Um die Reliabilität auf *gut* zu verbessern, müssten sogar insgesamt 17 Items (also mehr als die Hälfte der Items) entfernt werden. Dies lässt – gerade auch im Hinblick auf die gut funktionierenden Tests für das FW und das FDW – ernsthafte Zweifel an der Güte aufkommen. Da im Rahmen dieser Arbeit für den Tests des PWs zudem keine Validierungen vorgenommen wurden, wird die Entscheidung getroffen, den PW-Test nicht für die Auswertung heranzuziehen.

ZUSAMMENHÄNGE Die Ergebnisse des Professionwissenstests können im Rahmen der **FFo** herangezogen werden, um potentielle Betreuer-Teilgruppen (Betreuertypen) zu identifizieren. Dabei wird sich – aufgrund der niedrigen Testgüte für das pädagogische Wissen – auf das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen beschränkt. Dazu zeigt die Korrelationsmatrix der Wissensbereiche von Professionswissen und der Gesamtscores (Tab. 76) zunächst die korrelativen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Testbestandteilen. Es zeigt sich, dass alle Wissensbereiche mit dem Gesamtscore (FW + FDW; normiert) signifikant korrelieren; wobei das FW am stärksten mit dem Gesamtscore zusammenhängt. Die

Tab. 76: Korrelationsmatrix der Wissensbereiche von Professionswissen.

	FW	FDW
FDW	0.40	1
Gesamtscore	0.87***	0.79***

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Wissensbereiche untereinander korrelieren nicht signifikant. Dies deckt sich gut mit der Theorie, dass die Wissensbereiche empirisch trennbar sind (siehe z.B. Baumert & Kunter, 2006; Cauet et al., 2014; Riese et al., 2015).

7.2.3 Zusammenfassung

1. Fachwissen und fachdidaktisches Wissen

- Der Test für das *Fachwissen* besteht aus 27 Items und zeigt eine *gute* Reliabilität ($\alpha = 0.85$). Der Test für das *fachdidaktische Wissen* besteht aus 15 Items und ist ebenfalls in hohem Maße reliabel ($\alpha = 0.83$).
- Die Items der beiden Tests (FW & FDW) scheinen bei allen Skalen in ihren Formulierungen mit der Theorie sehr gut zusammenzupassen (*Augenscheinvalidität*).
- Die theoretisch vorhergesagte empirische Trennbarkeit der beiden Wissensbereiche bestätigte sich mit dem vorliegenden Datensatz.

2. Pädagogisches Wissen

- Der verwendete Test für das pädagogische Wissen weist eine inakzeptabel niedrige Reliabilität auf. Die Itemanalyse lässt ebenfalls ernsthafte Zweifel an der Validität des Tests aufkommen.
- Für die weiteren Analysen wird der Test daher nicht herangezogen.

7.3 RATINGBOGEN ZUR ERFASSUNG DER BETREUUNGSQUALITÄT

Insgesamt konnten 27 Items aus etablierten Instrumenten der Unterrichtsdiagnostik entnommen und ggf. angepasst oder geändert werden. Einige wenige Items wurden auf Basis des Fragebogens neu entwickelt. Sämtliche Items unterscheiden 4 Ausprägungen (*trifft nicht zu, trifft eher nicht zu, trifft eher zu, trifft zu*), die in einem *Kodiermanual* näher beschrieben sind. Die vollständige Itemsammlung inkl. Kodiermanual findet sich in [Anhang C](#).

Im Rahmen der *Pilotierung* des Ratingbogens wurden einige wenige Aspekte angepasst:

1. Bei der Beobachtung ist es nicht sinnvoll, in jeder *Sequenz* (Initiierung einer Aufgabe, Arbeitsphase und Auswertung) auch jedes Item durch das Rating zu erheben. Die Zuordnung der Items auf diese Sequenzen wurde iterativ angepasst.
2. Einige Items wurden im Wortlaut geändert, angepasst oder ganz gestrichen.

Teil III

EMPIRISCHE FORSCHUNGSERGEBNISSE

ERGEBNISSE DER HAUPTUNTERSUCHUNG

In diesem Kapitel sind die Analysen der in [Kapitel 4](#) formulierten Hypothesen und der Forschungsfrage dieser Untersuchung dargelegt. Zunächst wird die *Stichprobe* ([Abschnitt 8.1](#)) beschrieben und die Ergebnisse der (*Vor-*)*Forschungsfrage FFO* (Typenbildung bzw. Identifikation von Teilgruppen; [Abschnitt 8.2](#)) dargelegt. Im Anschluss daran erfolgt die Auswertung der *Hypothesen H1 - H5* (hauptsächlich Replikation bisheriger Ergebnisse; [Abschnitt 8.3 - 8.7](#)). Hiernach werden die Analysen zur *Forschungsfrage dieser Untersuchung in den Aspekten FFa - FFc* dargelegt (Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren; [Abschnitt 8.8 - 8.12](#)). Abschließend wird ein Strukturgleichungsmodell aufgestellt, welches die gefundenen Zusammenhänge enthält, miteinander in Verbindung setzt und im Rahmen eines Gesamtmodells prüft ([Abschnitt 8.13](#)).

8.1 STICHPROBE UND MEHREBENENSTRUKTUR

STICHPROBE Die Hauptstudie hat einen Umfang von $N = 1627$ (54 Gymnasial- und 26 Oberschulklassen); davon konnten 1490 (91.6%) für die Analysen herangezogen werden (vgl. [Tab. 77](#)). Die übrigen wurden anhand einiger *Ausschlusskriterien* (siehe [Kapitel 7](#)) nicht berücksichtigt.

Tab. 77: Die Stichprobe der Hauptstudie ($N = 1490$).

KLASSE	GYMNASIUM	OBERSCHULE	♂	♀	ØALTER
9	432 (44%)	468 (94%)	456 (58%)	444 (63%)	14.73
10	313 (32%)	32 (6%)	173 (22%)	172 (24%)	15.46
11	35 (4%)	-	26 (3%)	9 (1%)	16.97
12	192 (19%)	-	120 (15%)	72 (10%)	17.79
13	18 (2%)	-	7 (1%)	11 (2%)	18.44
Σ	990 (100%)	500 (100%)	782 (100%)	708 (100%)	

Tab. 78: Die Verteilung der Lernenden auf die *Kurswahl Physik* in der Hauptstudie ($N = 245$; Lernende des Gymnasiums mit Klassenstufe 11, 12 & 13).

PHYSIK	KLASSE 11	12	13	♂	♀	Σ
abgewählt	-	-	7	-	7	7
Grundkurs	7	104	11	68	54	122
Leistungskurs	28	88	-	85	31	116
Σ	35	192	18	153	92	245

Das Verhältnis von Lernenden von Gymnasium zu Oberschule beträgt ziemlich genau 2:1. Bemerkenswert ist, dass das Gesamt-Geschlechterverhältnis annähernd ausgeglichen ist; die leichte Mehrheit an männlichen Schülern kommt vor allem durch die Geschlechterverhältnisse in den Klassenstufen 11 und 12 zu Stande. Das Verhältnis von Grundkurs zu Leistungskurs Physik ist in [Tab. 78](#) dargestellt.

MEHREBENENSTRUKTUR Die Stichprobe weist die in [Abb. 42](#) skizzierte hierarchische Strukturierung auf. Ebene 1 bilden dabei die *Schüler*, die alle eindeutig einer bestimmten *Gruppe* zugeordnet werden können, in der die Schüler den Experimentiertag zusammen erlebt haben (Ebene 2). Die Gruppen wiederum wurden am Experimentiertag nur von einem *Betreuer* angeleitet (Ebene 3).

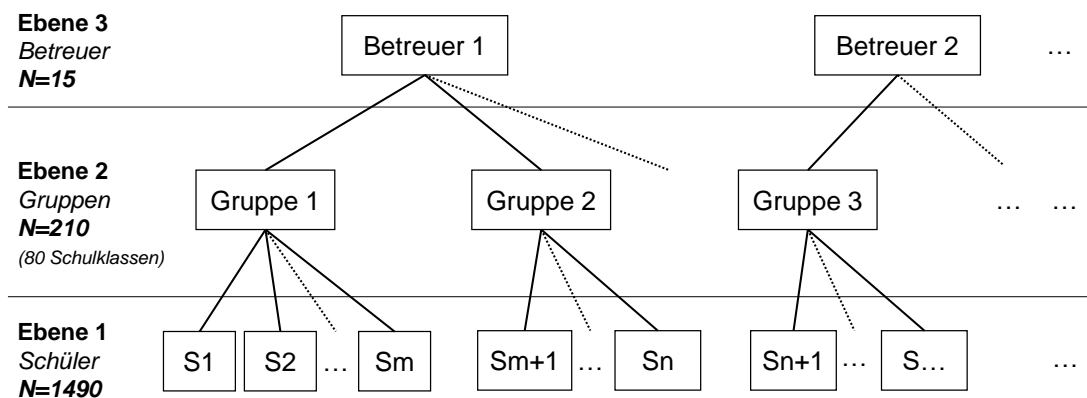


Abb. 42: Die hierarchische Strukturierung in der Stichprobe (Ebenenstruktur).

UMGANG MIT FEHLENDEN WERTEN Zusätzlich zu den in [Kapitel 7](#) dargelegten *Ausschlusskriterien* (vgl. [Abschnitt 7.1](#) auf [Seite 140](#)) – die zu einer Reduktion von $N = 1627$ auf $N = 1490$ geführt haben – sei an dieser Stelle der *individuelle Umgang mit fehlenden Werten* geschildert:

- Die Itemanalyse der Hauptstudie zeigt, dass für kein Item mehr als 3% der Daten fehlen (meist sogar nur 0.xx%). Es ist daher zu erwarten, dass der Ausschluss von Daten zu keiner systematischen Verzerrung der Daten führt.
- Die Skalenwerte wurden als *arithmetisches Mittel* der zugehörigen Items bestimmt, sofern die Skala nicht mehr als ein Item mit einem fehlenden Wert aufweist.
- Fehlten Werte in Datenpaaren bei Korrelations- oder Regressionsanalysen, wurden jeweils die unvollständigen Datenpaare von der Analyse ausgeschlossen (*pairwise complete observations only*).

AUSREISSER In allen folgenden Analysen wird der Datensatz im Bezug auf die zu bearbeitende Fragestellung von Ausreißern bereinigt (analog zur Residuenanalyse im Rahmen der Kreuzvalidierung in [Kapitel 7](#); vgl. [Abb. 39](#) auf [Seite 177](#)) bzw. als solche gekennzeichnet (z.B. in Boxplots).

8.2 FORSCHUNGSFRAGE 0: IDENTIFIKATION VON TEILGRUPPEN

FFo Welche Subgruppen und Typisierungen können mit der Stichprobe identifiziert werden?

- a. Welche Subgruppen enthält die Stichprobe?
 - b. Welche Schülertypen können identifiziert werden?
 - c. Welche Betreuertypen können identifiziert werden?
-

8.2.1 *Kategoriale Subgruppen der Stichprobe (FFoa)*

Um eine genauere Ergründung der Wirksamkeit zu ermöglichen, können *Teilgruppenvergleiche* vorgenommen werden. Einige auf Schüler bezogene Teilgruppen ergeben sich direkt aus kategorialen Kriterien der Stichprobe. Diese Kriterien wurden im Fragebogen T₁ (Pre) bzw. T₂ (Post) erhoben. Die kategorialen Subgruppen der Stichprobe sind in [Tab. 79](#) dargestellt.

Tab. 79: Kategoriale (Schüler-)Subgruppen der Stichprobe ($N = 1490$).

KATEGORIE	AUSPRÄGUNGEN (N)
Geschlecht	männlich (782) / weiblich (708)
Alter	14 (299) / 15 (741) / 16 (202) / 17 (97) / 18 (114) / 19 (37)
Schulart	Gymnasium (990) / Oberschule (500)
Klassenstufe	9 (900) / 10 (345) / 11 (35) / 12 (192) / 13 (18)
Kurswahl Physik	Grundkurs (122) / Leistungskurs (116) / – (1252)
Klasse	ID der Schulklasse eines Besuchstags
Gruppe	ID der Gruppe eines Besuchstags
Betreuer	Betreuer der Gruppe am Besuchstag

Hinweis: Jeder Gruppe ist genau ein Betreuer zugeordnet (vgl. [Abb. 42](#)).

8.2.2 *Interessentypisierung mit Latenter Klassenanalyse (FFob)*

Neben den Teilgruppenvergleichen, die sich aus den kategorialen Subgruppen der Stichprobe ergeben (siehe oben), kann eine Klassifizierung nach *Interessentypen* durchgeführt werden (Häußler et al., 1998; R. Müller, 2006; Pawek, 2009). Methodisch erfolgt dies anhand einer sog. *Latenten Klassenanalyse*, kurz LCA (vgl. [Kapitel 6](#)). Die LCA wurde in R mit dem Paket *poLCA* (Linzer & Lewis, 2016) durchgeführt. Mittels LCA wird hier für jede Person errechnet, mit welcher Wahrscheinlichkeit sie den latenten Klassen angehört.

Tab. 80: Die Zusammensetzung der LCA-Interessengruppen.

GRUPPE	GESAMT	♂	♀	GYMNASIUM	OBERSCHULE
A (MINT ⁺)	607 (41%)	426 (54%)	181 (26%)	443 (45%)	164 (33%)
B (MINT ⁰)	565 (38%)	258 (33%)	307 (43%)	341 (34%)	224 (45%)
C (MINT ⁻)	318 (21%)	98 (13%)	220 (31%)	206 (21%)	112 (22%)
Σ	1490 (100%)	782 (100%)	708 (100%)	990 (100%)	500 (100%)

Dafür wurden die Schüler im Fragebogen T1 zu ihren *Lieblingsfächern* und ihren *Berufsvorstellungen* jeweils anhand einer 5-stufigen Likert-Skala wie folgt befragt:

1. Die folgenden Schulfächer machen mir – unabhängig vom Lehrer – Spaß:

- Deutsch
- Englisch
- Physik
- Mathematik
- Chemie
- Biologie
- Geschichte
- Informatik

2. Ich kann mir vorstellen, in den folgenden Berufsfeldern zu arbeiten:

- Mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich
- Gesellschaftlich-politischer Bereich
- Künstlerisch-musischer Bereich
- Philosophischer Bereich
- Handwerklicher Bereich
- Sprachlicher Bereich
- Technischer Bereich
- Sozialer Bereich

Somit kann die LCA auf Basis der *Fachinteressen (Lieblingsfächer)* und auf Basis der *Berufsinteressen (favorisierte Berufsfelder)* durchgeführt werden.

ANZAHL LATENTER KLASSEN Häußler et al. (1998) identifiziert drei *Interessentypen* (siehe auch [Abschnitt 3.5](#) auf [Seite 63](#)). Im Bereich Schülerlabore identifizieren mittels LCA sowohl Pawek (2009), Weßnigk (2013) als auch Streller (2015) ebenfalls drei Interessentypen anhand ihrer Lieblingsfächer. Aufgrund gleicher bzw. sehr ähnlich eingesetzter Items sind also auch in dieser Studie drei latente Schülergruppen zu erwarten.

In der Tat legt ein Modellvergleich auf Grundlage der Lieblingsfächer *drei latente Gruppen* nahe ([Abb. 43](#)).

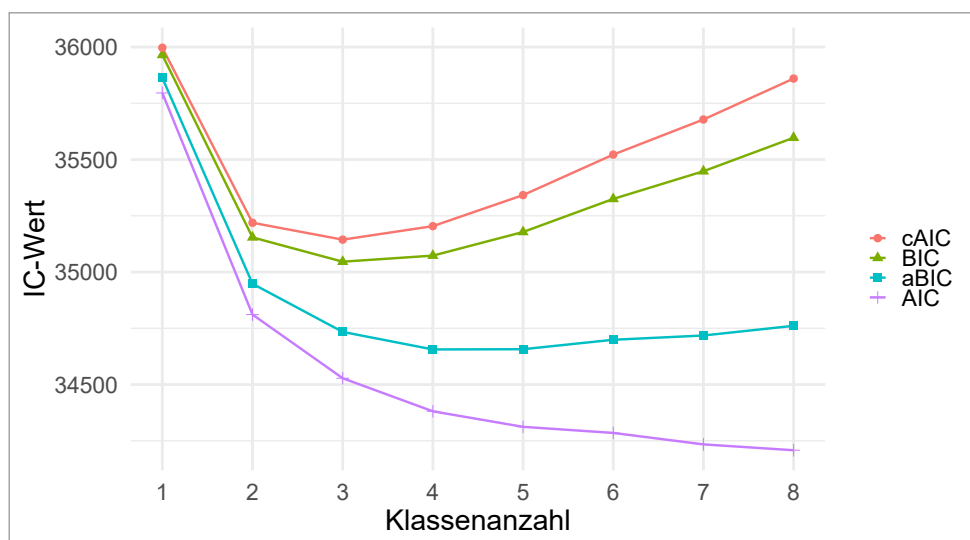


Abb. 43: Die Modellprüfung der LCA auf Grundlage der Fachinteressen (Lieblingsfächer). $cAIC$ und BIC haben ihr Minimum bei drei latenten Klassen; daher ist eine 3-Klassen-Lösung angebracht.

Tab. 81: Die Einstellung der LCA-Interessengruppen zu Physik und Naturwissenschaften.

GRUPPE	NOTE	ENGAGEMENT	SWE	IMAGE	INTERESSE PH	NW
A (MINT ⁺)	2.10	0.73	0.68	0.72	0.68	0.70
B (MINT ⁰)	2.80	0.60	0.49	0.61	0.48	0.53
C (MINT ⁻)	2.90	0.53	0.41	0.53	0.33	0.42

Hinweise: NOTE: Aktuelle Schulnote Physik; ENGAGEMENT: Engagement in Physik; SWE: Selbstwirksamkeitserwartung in Physik; IMAGE: Image des Schulfachs Physik; INTERESSE: Sachinteresse an Physik (PH) bzw. Naturwissenschaften (NW) – Werte jeweils normiert.

Tab. 82: Varianzanalyse (ANOVA) der LCA-Interessengruppen.

GRUPPIERUNGSVARIABLE	F-STATISTIK	P-WERT	R^2_{adj}
Schulfach-Interesse Physik	F(2,1486)=809.9	<0.001***	0.52
Sachinteresse Physik	F(2,1485)=367.7	<0.001***	0.33
Sachinteresse Naturwissenschaften	F(2,1485)=257.9	<0.001***	0.26

CHARAKTERISIERUNG Die Charakterisierung der Gruppen erfolgt durch Analyse der Schulfachvorlieben (Abb. 44 auf Seite 196), sowie der Berufsinteressen (Abb. 45).

Außerdem werden die Gruppen anhand ihrer Zusammensetzung (Tab. 80) und ihrer Leistung und Einstellung zum Schulfach Physik und zu Naturwissenschaften (Tab. 81) analysiert.

Durch eine Varianzanalyse (Tab. 82) konnte gezeigt werden, dass sich die 3 durch LCA identifizierten Interessengruppen höchst signifikant in ihren jeweiligen Ausprägungen der Fach- und Sachinteressen unterscheiden. Bemerkenswert ist, dass rund 52% der Streuung der Interessenausprägungen für das Schulfach Physik allein durch die Gruppenzugehörigkeit erklärt werden.

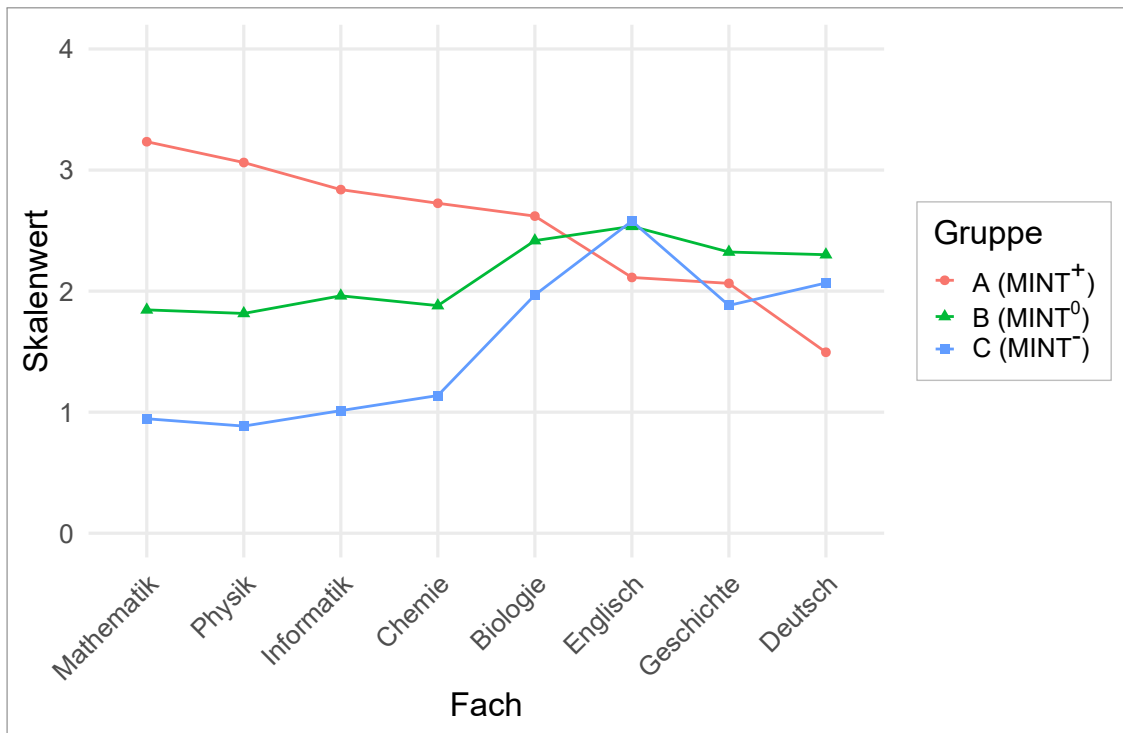


Abb. 44: Die Ausprägung des Interesses für Schulfächer der durch LCA gebildeten Interessengruppen. Die Verbindungslinien dienen nur zur Orientierung.

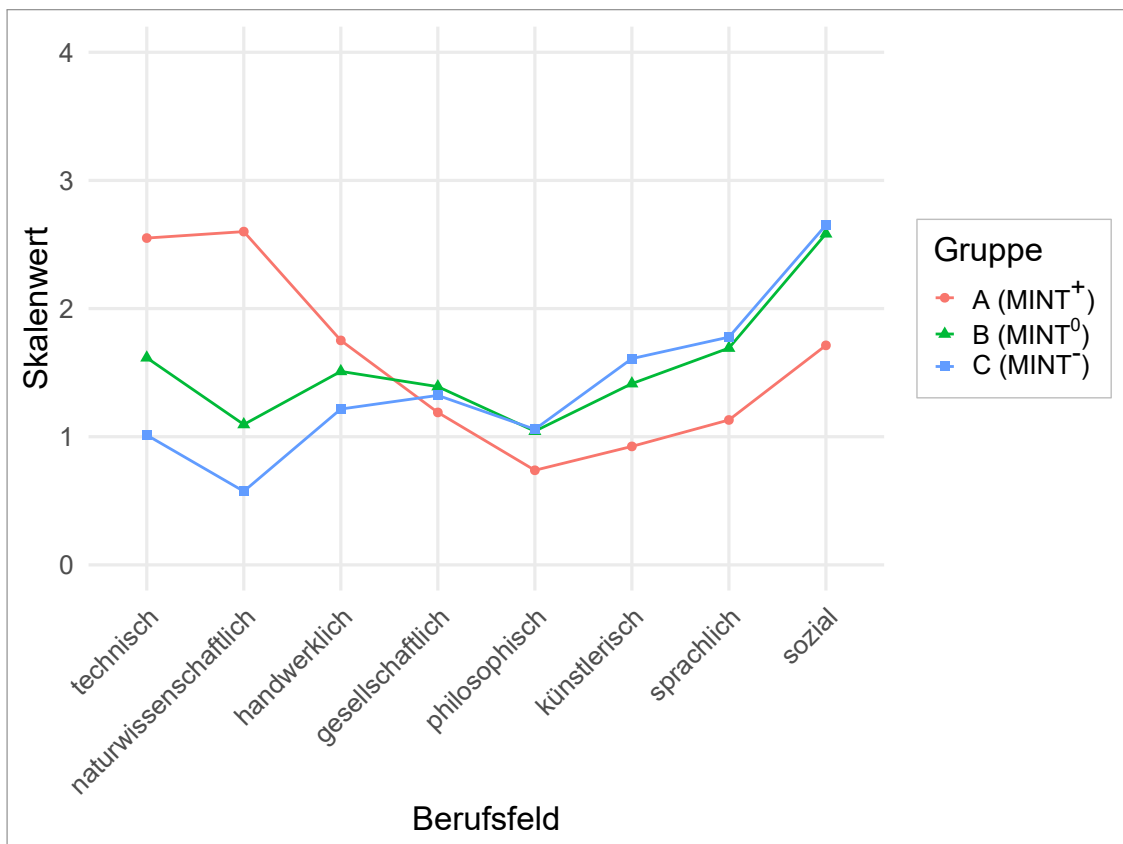


Abb. 45: Die Ausprägung der Berufsinteressen der durch LCA gebildeten Interessengruppen (Verbindungslinien dienen nur zur Orientierung).

Insbesondere zeigt sich in [Abb. 44](#), dass die Zuordnung der Schüler auf die drei latenten Gruppen A, B & C im Wesentlichen auf die Items *Mathematik, Physik, Informatik und Chemie* zurückgeht. Weitaus weniger deutlich unterscheiden sich die Gruppen bezüglich *Biologie, Englisch, Geschichte und Deutsch*. Auch die Ausprägung des Interesses für die jeweiligen Berufsfelder ([Abb. 45](#)) zeigen, dass sich die Gruppen hauptsächlich anhand ihrer Interessen für *technische und naturwissenschaftliche Berufsfelder* unterscheiden. Daher wird die Gruppe A bei weiteren Untersuchungen als $MINT^+$, die Gruppe B als $MINT^0$ und die Gruppe C als $MINT^-$ bezeichnet.

Damit ergibt sich die folgende *Charakterisierung der Interessentypen* (basierend auf [Tab. 81 & 82](#) sowie [Abb. 44 & 45](#)):

1. Gruppe A ($MINT^+$)

- Rund 40% der Schüler sind dieser Gruppe zugeordnet, wobei der Großteil der Jungen und der kleinste Anteil der Mädchen zu dieser Gruppe gehören. Bezüglich der Schulformen gehört der Großteil der Gymnasialschüler zu dieser Gruppe, während der Anteil an Oberschülern im Vergleich zu $MINT^-$ größer, jedoch im Vergleich zu $MINT^0$ kleiner ist.
- Die Gruppe weist gute Physiknoten auf, zeigt ein hohes Engagement im Physikunterricht und verfügt über die vergleichsweise höchste Selbstwirksamkeitserwartung bezogen auf den Physikunterricht. Auch das Image des Schulfaches Physik, sowie das Sachinteresse an Physik und Naturwissenschaften ist bei dieser Gruppe am höchsten.
- Die Lieblingsfächer dieser Gruppe sind ganz klar Mathematik, Physik, Informatik, Chemie und Biologie. Das Interesse für Englisch und Geschichte ist mittelmäßig, während Deutsch eher unbeliebt ist.
- Die Berufsinteressen gehen deutlich in die Richtung technische und naturwissenschaftlicher Berufsfelder.

2. Gruppe B ($MINT^0$)

- Dieser Gruppe sind wie $MINT^+$ ebenfalls rund 40% der Schüler zugeordnet, wobei der Großteil der Mädchen und ein vergleichsweise mittlerer Anteil an Jungen zu dieser Gruppe gehören. Bezüglich der Schulformen gehört der Großteil der Oberschüler zu dieser Gruppe, während der Anteil an Gymnasialschülern im Vergleich zu $MINT^-$ größer, jedoch im Vergleich zu $MINT^+$ kleiner ist.
- Die Gruppe weist befriedigende Physiknoten auf (im Gruppenvergleich mittelgute Noten), zeigt ein vergleichsweise mittleres Engagement im Physikunterricht und verfügt über moderate Selbstwirksamkeitserwartung bezogen auf den Physikunterricht. Auch das Image des Schulfaches Physik, sowie das Sachinteresse an Physik und Naturwissenschaften ist bei dieser Gruppe im mittleren Bereich.
- In dieser Gruppe gibt es die wenigsten Schwankungen im Bezug auf die Lieblingsfächer. Das Interesse an allen Fächern fällt weder besonders hoch, noch besonders niedrig, wobei eine positive Tendenz in Richtung Biologie, Englisch, Geschichte und Deutsch erkennbar ist.

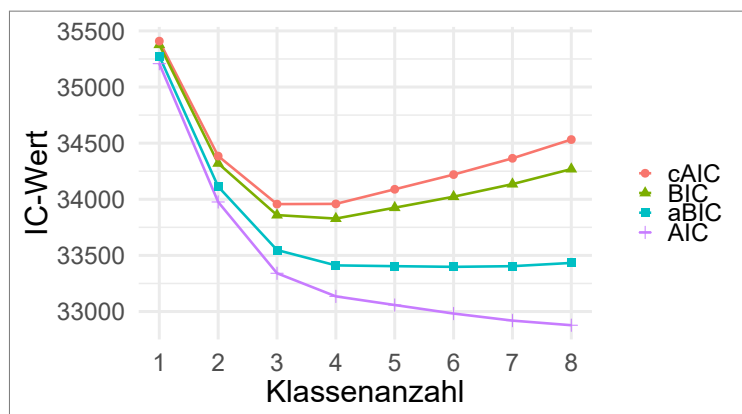
- Die Berufsinteressen decken sich im Prinzip mit denen der Gruppe $MINT^-$, fallen für technische und naturwissenschaftliche Berufsfelder jedoch leicht höher aus. Sprachliche und besonders soziale Berufsfelder werden bevorzugt.

3. Gruppe C ($MINT^-$)

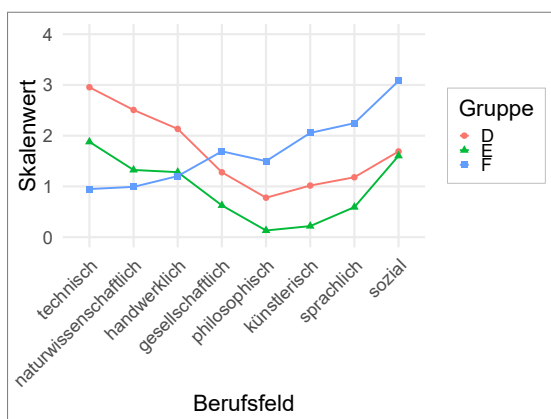
- Nur rund 20% der Schüler sind dieser Gruppe zugeordnet, wobei dies unabhängig von der Schulform jeweils der kleinste Anteil an Schülern ist. Bezüglich der Geschlechteraufteilung zeigt sich, dass der kleinste Anteil der Jungen und der vergleichsweise mittlere Anteil der Mädchen zu dieser Gruppe gehören.
- Die Gruppe weist die vergleichsweise schlechtesten Physiknoten auf, die jedoch wie bei Gruppe $MINT^0$ befriedigend sind. Die Gruppe zeigt das niedrigste Engagement im Physikunterricht und verfügt über die vergleichsweise niedrigste Selbstwirksamkeitserwartung bezogen auf den Physikunterricht. Auch das Image des Schulfaches Physik, sowie das Sachinteresse an Physik und Naturwissenschaften ist bei dieser Gruppe am niedrigsten.
- Das einzige Schulfach, für das sich diese Gruppe interessiert, ist Englisch. Das Interesse für Biologie, Geschichte und Deutsch fällt moderat aus, während Mathematik, Physik, Informatik und Chemie deutlich unbeliebt sind.
- Die Berufsinteressen decken sich im Prinzip mit denen der Gruppe $MINT^0$, fallen für technische und naturwissenschaftliche Berufsfelder jedoch leicht niedriger aus. Wie bei $MINT^0$ werden sprachliche und besonders soziale Berufsfelder bevorzugt.

Bemerkenswert ist die sehr gute Übereinstimmung der drei Typen $MINT^+$, $MINT^0$ & $MINT^-$ mit den Interessentypen A, B & C von Häußler et al. (1998), den Gruppen H, M & T bei Pawek (2009) und den Classes 1, 2 & 3 bei Streller (2015).

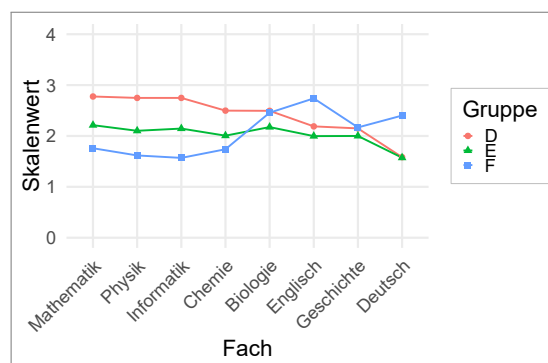
LCA AUF BASIS DER BERUFSINTERESSEN Die LCA auf Basis der favorisierten Berufsfelder (vgl. Abb. 46) legt ebenfalls eine 3-Klassen-Lösung nahe. Allerdings unterscheiden sich die latenten Gruppen weniger deutlich und direkt interpretierbar als auf Basis der Lieblingsfächer. Daher wird diese Einteilung der der Schülergruppen nicht weiter analysiert bzw. in den folgenden Auswertungen beachtet.



(a) Modellprüfung der LCA auf Grundlage der Berufsinteressen (favorisierte Berufsfelder).



(b) Ausprägung der Berufsinteressen der durch LCA gebildeten Interessengruppen.



(c) Ausprägung des Interesses für Schulfächer der durch LCA gebildeten Interessengruppen.

Abb. 46: Die LCA auf Basis der favorisierten Berufsfelder legt ebenfalls eine 3-Klassen-Lösung nahe; liefert aber weniger eindeutige Ergebnisse.

8.2.3 Betreuertypen (FFoc)

Analog zu den auf die Schüler bezogenen identifizierten Teilgruppen (kategorial und durch LCA) können auch Teilgruppen bezüglich der Betreuer betrachtet werden. Hierzu ergeben sich analog zu den kategorialen (Schüler)-Subgruppen der Stichprobe (Tab. 79 auf Seite 193) auch potentielle *kategoriale (Betreuer)-Subgruppen* auf Basis des Betreuer-Fragebogens (Zeitpunkt To). Tab. 83 listet alle Betreuer auf, die den Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ zum Zeitpunkt der Fragebogenerhebung betreut haben. Außerdem gibt die Tabelle Aufschluss über die betreute Anzahl an Schülern pro Betreuer. Der Fragebogen und der

Professionswissenstest wurde von nahezu allen Betreuern durchgeführt. Die Ausnahme bilden zwei Betreuer, die der Erhebung nicht zugestimmt haben.

Tab. 84 enthält die potentiellen *kategorialen (Betreuer)-Subgruppen* auf Basis des Betreuer-Fragebogens.

Tab. 83: Überblick der Betreuer des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“.

	NAME*	GESCHLECHT	STUDIUM	ANZ. BETREUTER		TEST TO
				SCHÜLER	EXP-TAGE	
1	Edna	♀	Fach	69	9	✓
2	Elizabeth	♀	–	27	4	
3	Homer	♂	–	186	28	✓
4	Jeff	♂	Lehramt	22	4	
5	Kent	♂	Lehramt	105	16	✓
6	Lenny	♂	Lehramt	98	15	✓
7	Lisa	♀	Lehramt	29	4	✓
8	Marge	♀	Fach	98	16	✓
9	Milhouse	♂	Lehramt	140	20	✓
10	Moe	♂	Lehramt	101	15	✓
11	Ned	♂	Lehramt	72	11	✓
12	Patty	♀	Lehramt	34	5	✓
13	Seymor	♂	Lehramt	58	9	✓
14	Troy	♂	Lehramt	84	13	✓
15	Waylon	♂	Fach	60	9	✓
	X	–	–	307	35	–

* Die Betreueramen wurden pseudonymisiert; Betreuer „X“: mehrere Betreuer für eine Schülergruppe am gleichen Experimentiertag.

Tab. 84: Kategoriale (Betreuer-)Subgruppen der Stichprobe (auf Basis des Fragebogens To mit $N = 13$).

KATEGORIE	AUSPRÄGUNGEN (N=)
Geschlecht	männlich (9) / weiblich (4)
Alter	Alter der Betreuer in Jahren
Schulabschluss	Abitur (13)
Kurswahl Physik	Grundkurs (6) / Leistungskurs (6) / abgewählt (1)
Art des Studiums	Lehramt (9) / Fachstudium (3) / kein Studium (1)
Vertrautheit mit Exp.-Tag*	weniger als 10x betreut (2) / mehr als 10x (11)

* Bezogen auf den Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ vor der Erhebung.

Bei Betrachtung der Kategorien in [Tab. 84](#) zeigt sich, dass eine Bildung von kategorialen (Betreuer)-Subgruppen mit dieser Stichprobe *nicht sinnvoll* ist, da

1. die Anzahl der Betreuer generell niedrig ist ($N = 15$),
2. die Bildung von Gruppen mit sehr wenigen Personen recht unsinnig ist (z.B. nach Art des Studiums) und bis auf die „Kurswahl Physik“ die potentiellen Subgruppen sehr einseitig verteilt sind.

Daher wird in den folgenden Analysen auf kategoriale Teilgruppenvergleiche, die sich auf Betreuer beziehen, verzichtet. Es stellt sich allerdings die Frage, ob auf Basis der Professionswissenstests bestimmte *Betreuertypen* identifiziert werden können.

Methodisch kann dazu die latente Klassenanalyse (LCA) nicht genutzt werden, da die Anzahl der Betreuer (die den Fragebogen und den Professionswissenstest bearbeitet haben) zu gering ist. Empfohlen wird ein Minimum von ca. 50 Beobachtungen pro latenter Klasse (Dziak, Lanza & Tan, [2014](#); Nylund et al., [2007](#)). Diese Stichprobengröße ist im Falle dieser Untersuchung weit unterschritten.

Dennoch können die Testergebnisse der Tests für das Fachwissen (FW) und das fachdidaktische Wissen (FDW) herangezogen werden und auf gemeinsame Muster hin untersucht werden. Da sich die Güte des Tests für das pädagogische Wissen (PW) als unzureichend herausgestellt hat (vgl. [Kapitel 7](#)), werden die Testergebnisse des PW-Tests nicht beachtet.

In [Tab. 85](#) finden sich die Testergebnisse des Professionswissenstests. Die absolute Anzahl an möglichen Punkten unterscheidet sich zwischen FW & FDW, daher ist die Angabe der absolut erreichten Punkte nicht sinnvoll. Aus diesem Grund wurde die Punktzahl *normiert* (Werte zwischen 0 und 1 – maximale Punktzahl). Der Gesamtscore wurde dann als arithmetisches Mittel aus den normierten Scores von FW & FDW errechnet.

BETREUERTYPISIERUNG Die Ergebnisse des Professionswissenstests können genutzt werden, um potentielle Betreuer-Teilgruppen (Betreuertypen) zu identifizieren. Dazu offenbart die Korrelationsmatrix der Wissensbereiche von Professionswissen und der Gesamtscores ([Tab. 86](#)) zunächst die korrelativen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Testbestandteilen. Es zeigt sich, dass alle Wissensbereiche mit dem Gesamtscore signifikant korrelieren; wobei das FW am stärksten mit dem Gesamtscore zusammenhängt. Die Wissensbereiche untereinander korrelieren nicht signifikant. Dies deckt sich jedoch gut mit der Theorie, dass alle Wissensbereiche empirisch trennbar sind (siehe z.B. Baumert & Kunter, [2006](#); Cauet et al., [2014](#); Riese et al., [2015](#)).

Um evtl. Muster in den Testscore-Paaren (FW & FDW) – und damit bestimmte *Typen* von Betreuern – zu finden, können die Daten visualisiert werden. Die [Abb. 47](#), [48](#) & [49](#) repräsentieren die Scores der Tests der Wissensbereiche von Professionswissen für die einzelnen Betreuer. [Abb. 47](#) verdeutlicht, dass die einzelnen Wissensbereiche alle mit dem Gesamtscore des Tests zusammenhängen. Des Weiteren zeigt die Abb., dass sich die Betreuer im Schülerlabor DeltaX im Bezug auf das Professionswissen voneinander unterscheiden.

Tab. 85: Die Ergebnisse des Professionwissenstests (normiert).

NAME	FW	FDW	GESAMTSCORE
Edna	0.52	0.61	0.56
Homer	0.38	0.66	0.52
Kent	0.41	0.31	0.36
Lenny	0.62	0.72	0.67
Lisa	0.52	0.50	0.51
Marge	0.86	0.72	0.79
Milhouse	0.90	0.81	0.85
Moe	0.72	0.77	0.74
Ned	0.86	0.67	0.77
Patty	0.45	0.83	0.64
Seymor	0.79	0.81	0.80
Troy	0.72	0.84	0.78
Waylon	0.86	0.53	0.70
Durchschnitt	0.66	0.68	0.67
Standardabw.	0.19	0.16	0.14

Tab. 86: Korrelationsmatrix der Wissensbereiche von Professionswissen.

	FW	FDW
FDW	0.40	1
Gesamtscore	0.87***	0.79***

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

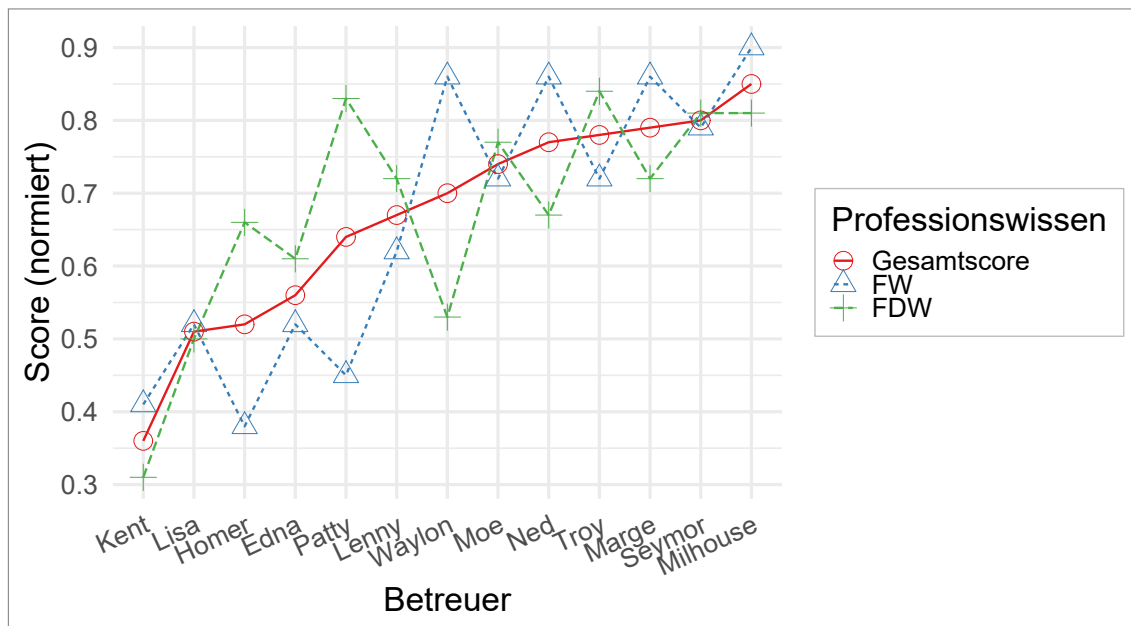
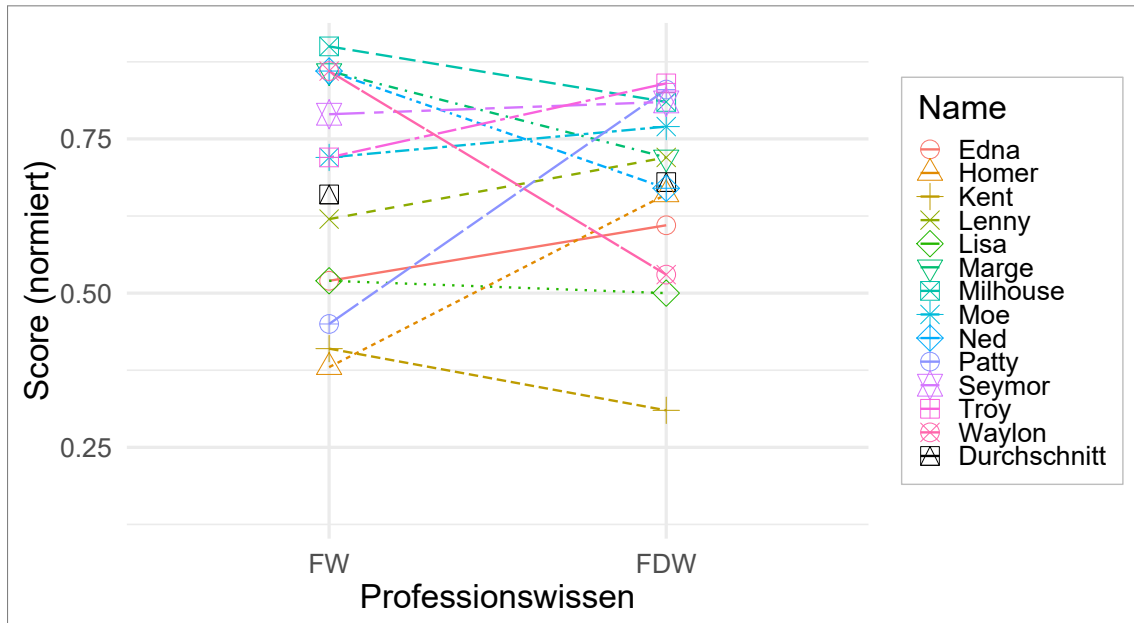


Abb. 47: Die Ergebnisse des Professionwissenstests (Verbindungslien dienen nur zur Orientierung).

Abb. 48a zeigt ebenfalls die (normierten) Testscores für die Wissensbereiche von Professionswissen. Zur besseren Vergleichbarkeit sind in Abb. 48b die standardisierten Testscores ($\bar{x} = 0, sd = 1$) dargestellt. Deutlich wird, dass die einzelnen Wissensbereiche FW & FDW *desselben Betreuers* in den meisten Fällen nicht unabhän-



(a) Normierte Testscores (Wertebereich von 0 bis 1).

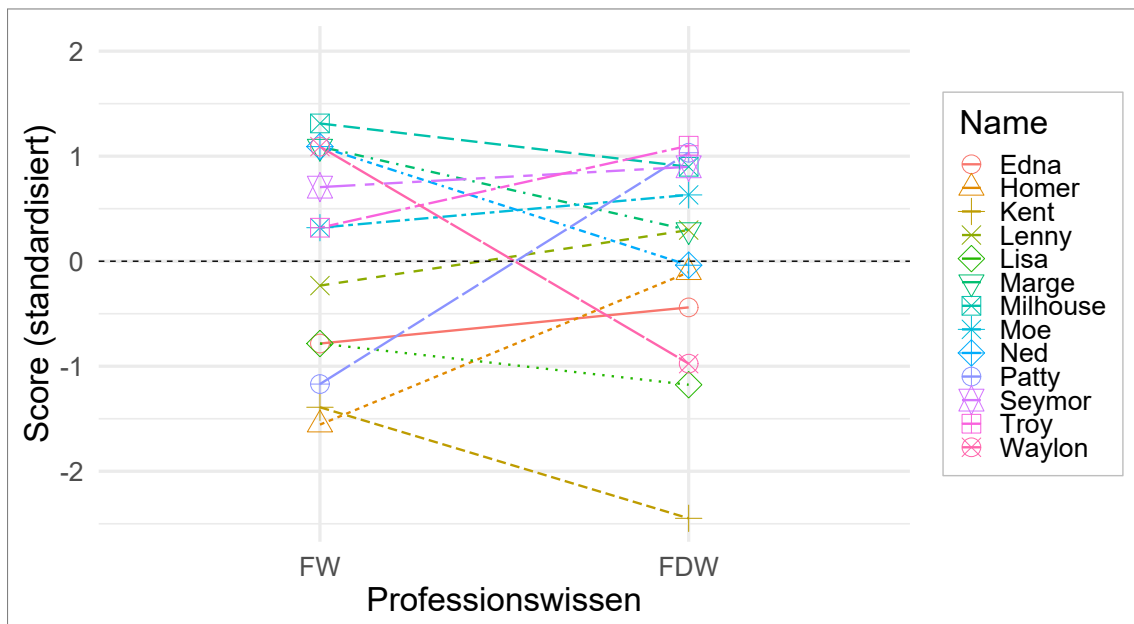
(b) Standardisierte Testscores ($\bar{x} = 0, sd = 1$).

Abb. 48: Die Analyse der Testscores für die Wissensbereiche FW & FDW offenbart keine offensichtlichen Teilgruppen von Betreuern (Verbindungslinien dienen nur zur Orientierung).

gig voneinander sind: Die Betreuer, die ein überdurchschnittliches FW aufweisen, weisen meist auch im FDW überdurchschnittliche Testscores auf. Bei den Betreuern, für die das nicht gilt (vgl. z.B. Patty, Troy oder Waylon in [Abb. 48b](#)), ist jedoch kein gleiches Muster erkennbar. So kombiniert sich etwa bei Patty unterdurchschnittliches FW mit überdurchschnittlichem FDW – während dies bei Waylon genau umgekehrt ist. Eine Gruppierung anhand von erkennbaren Mustern schlägt somit fehl, da die Gruppen zu klein würden.

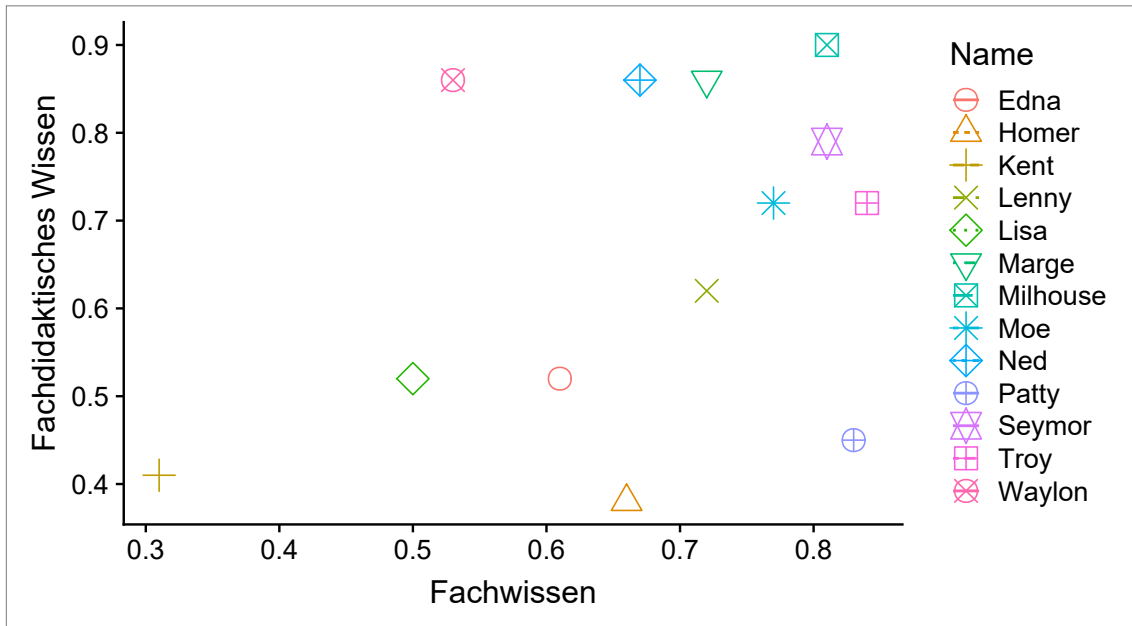


Abb. 49: Analyse der (normierten) Testscores für die Wissensbereiche FW & FDW: XY-Diagramm.

Auch der Ansatz, die Betreuer nach ihren Testscores in den einzelnen Wissensbereichen zu gruppieren, funktioniert nicht, da sich keine eindeutigen Muster im Bezug auf FW und FDW zeigen – und somit auch in diesem Fall die Gruppen zu klein würden.

Zusammenfassend wird daher festgehalten, dass eine Typisierung auf Grundlage des Professionswissenstest mit der vorliegenden Stichprobe nicht möglich (bzw. sinnvoll) ist.

AUSREISSER Vor allem in [Abb. 47](#) & [49](#) wird deutlich, dass der Betreuer „Kent“ als Ausreißer mit niedrigen Scores in beiden Tests angesehen werden kann. Da Regressionsanalysen empfindlich auf solche Ausreißer reagieren, sollte dieser in den Mehrebenenanalysen ([Abschnitt 8.8](#); [Seite 233](#) ff.) nicht modelliert werden.

8.2.4 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse zu FFo

1. In der vorliegenden Stichprobe ($N = 1490$) können folgende *kategoriale Subgruppen* mit ausreichend großer Teilgruppenstärke identifiziert werden: Geschlecht der Schüler, Alter der Schüler, Schulart, Klassenstufe, Kurswahl (bezogen auf Physik), sowie Klasse, Gruppe (am Versuchstag; jeweils mit demselben Betreuer den ganzen Tag) und Betreuer.
2. Mittels latenter Klassenanalyse (LCA) können auf Basis der Schulfachinteressen *drei Interessentypen* charakterisiert werden, die sich vor allem in den MINT-Fächern unterscheiden. Diese 3 Typen ($MINT^+$, $MINT^0$ & $MINT^-$) decken sich gut mit den Interessentypen A, B & C von Häußler et al. (1998), den Gruppen H, M & T bei Pawek (2009) und den Classes 1, 2 & 3 bei Streller (2015).
3. Aufgrund der geringen Betreuerzahl ($N = 15$) und der sehr einseitigen Verteilung in den Kategorien Geschlecht, Schulabschluss, Art des Studiums, sowie Vertrautheit mit dem Experimentiertag ist es nicht sinnvoll, bezüglich der Betreuer *kategoriale Teilgruppenvergleiche* vorzunehmen.
4. Zudem konnten mit der Stichprobe auch *auf Basis der Ergebnisse des Professionswissenstests keine Betreuer-Teilgruppen* identifiziert werden. Dennoch unterscheiden sich die Betreuer in ihren Ausprägungen des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens voneinander, sodass weitere Analysen möglich sind. Für beide Testteile wurde der Betreuer „Kent“ als Ausreißer identifiziert.

8.3 HYPOTHESE 1: INTERESSEGENESE & AKZEPTANZ

Die Forschung zeigt, dass Schülerlabore über das Potential verfügen, kurzfristig aktuelles Interesse hervorzurufen (Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Guderian, 2007; Pawek, 2009; Streller, 2015; Zehren, 2009). Auch das Fach- und Sachinteresse kann in geringem Maße beeinflusst werden. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die Basic Needs nach Deci und Ryan (2000) erfüllt sind.

Aufgrund dieser Befundlage wird die erste Hypothese im Bezug auf das Schülerlabor DeltaX geprüft:

H1 Schülerlabore fördern die Interessengenesse von Lernenden.

- a. Der Besuch des Schülerlabors weckt aktuelles Interesse.
 - b. Der Experimentiertag bringt einen Lernzuwachs.
 - c. Der Experimentiertag macht Spaß.
 - d. Während des Schülerlaborbesuchs sind die drei psychologischen Grundbedürfnisse nach Deci und Ryan (2000) befriedigt.
 - e. Das Fach- und Sachinteresse an Physik und Naturwissenschaften wird durch den Besuch des Schülerlabors positiv beeinflusst.
-

Die Ergebnisse basieren dabei auf den Angaben der Schüler aus dem Fragebogen, den die Schüler *nach* dem Experimentiertag (T2) ausgefüllt haben bzw. auf den kurzfristigen Veränderungen zwischen dem Zeitpunkt T1 (unmittelbar *vor* dem Experimentiertag – Pre-Score) und T2 (unmittelbar *nach* dem Experimentiertag – Post-Score). Methodisch erfolgt die Auswertung durch Analyse der Mittelwerte und der Verteilung (Boxplots) der Ausprägungen der jeweiligen Skalen, sowie Pre-Post-Vergleichen durch Signifikanztests unter Angabe der Effektstärke (Cohens *d*; vgl. Kapitel 6). Dabei wird zunächst der *Gesamteffekt* für alle Schüler untersucht und zusätzlich werden sog. *Teilgruppenvergleiche* für verschiedene Subgruppen (Geschlecht, ggf. Schulart) und Interessentypen (MINT^{+|o|}-; vgl. Abschnitt 8.2) durchgeführt.

8.3.1 Aktuelles Interesse (H1a)

Wie die Mittelwerte in Abb. 50 zeigen, ruft der Schülerlaborbesuch bei vielen Schülern ein mittleres bis hohes aktuelles Interesse hervor. Dabei entsprechen die Mittelwerte der emotionalen und der wertbezogenen Komponente der Ausprägung „trifft eher zu“ auf der Likert-Skala und zeigen somit eher höhere Ausprägungen an. Für die epistemische Komponente wird hingegen nur ein mittelhohes Niveau erreicht.

Erwartungsgemäß zeigen sich für die *Interessentypen* Abstufungen in allen Komponenten des aktuellen Interesses, wobei Schüler des Interessentyps MINT⁺ das

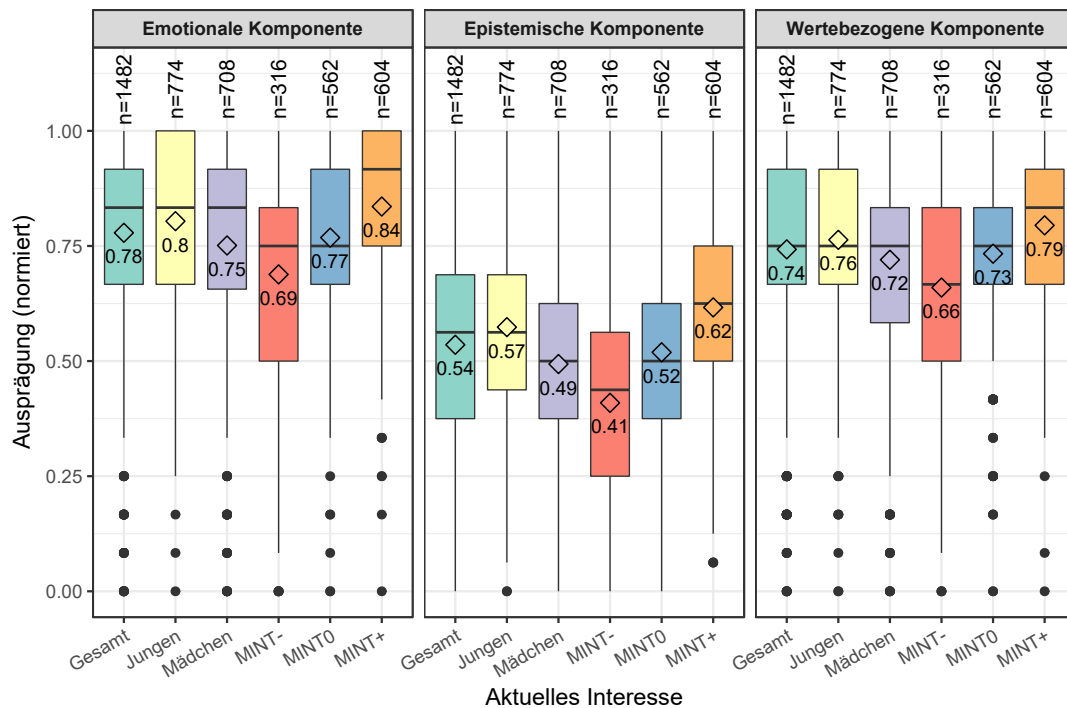


Abb. 50: Boxplot des durch den Laborbesuch hervorgerufenen aktuellen Interesses (normiert auf 1; gekennzeichnet sind die Mittelwerte mit dem Symbol \diamond und die Stichprobengröße n). Unterschieden werden die drei Komponenten nach Krapp (1992). Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht und Interessentyp).

größte und die des Typs MINT^- das geringste aktuelle Interesse aufweisen. Varianzanalysen belegen, dass diese Unterschiede signifikant verschieden ausfallen ($F(2, 1479) = 63.7, p < 0.001^{***}$ – exemplarisch für die emotionale Komponente).

Bei Jungen ist das aktuelle Interesse in allen Komponenten ebenfalls signifikant höher ausgeprägt als bei den Mädchen (ebenfalls exemplarisch für die emotionale Komponente: $F(1, 1480) = 26.8, p < 0.001^{***}$).

Von allen hier betrachteten Teilgruppen werden die höchsten Ausprägungen von aktuellem Interesse bei dem Interessentyp MINT^+ hervorgerufen. Bemerkenswert ist außerdem, dass jedoch auch die Ausprägungen der anderen Teilgruppen eher hoch als niedrig ausfallen (mindestens moderat).

Insgesamt zeigt dies, dass der Laborbesuch bei allen Schülern aktuelles Interesse hervorruft.

8.3.2 Lernzuwachs ($H1b$) und Spaß ($H1c$)

Wie Abb. 51 zeigt, macht der Schülerlaborbesuch dem überwiegendem Großteil Spaß. Nur 3% gaben an, dass der Experimentiertag ihnen nicht gefallen hat. 71% der Schüler sagen, etwas neues über Naturwissenschaft gelernt zu haben und 43% der haben etwas ihnen vorher Unbekanntes über naturwissenschaftliche Berufe gelernt.

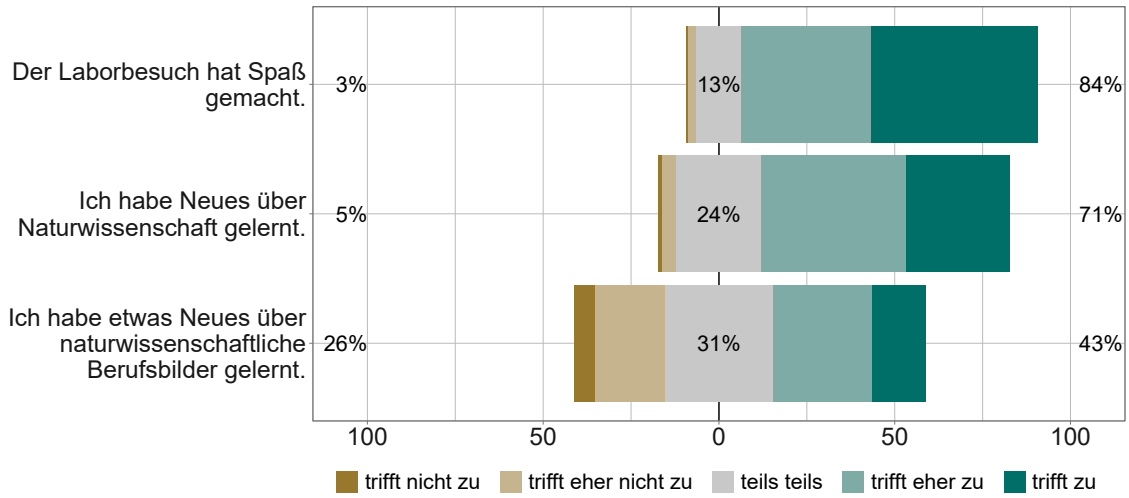


Abb. 51: Lernzuwachs und Spaß beim Besuch des Schülerlabors – Verteilung der Antwortkategorien für die Items; gekennzeichnet ist zusätzlich der Anteil in Prozent für Ablehnung / Unsicherheit / Zustimmung der Aussage (von links nach rechts).

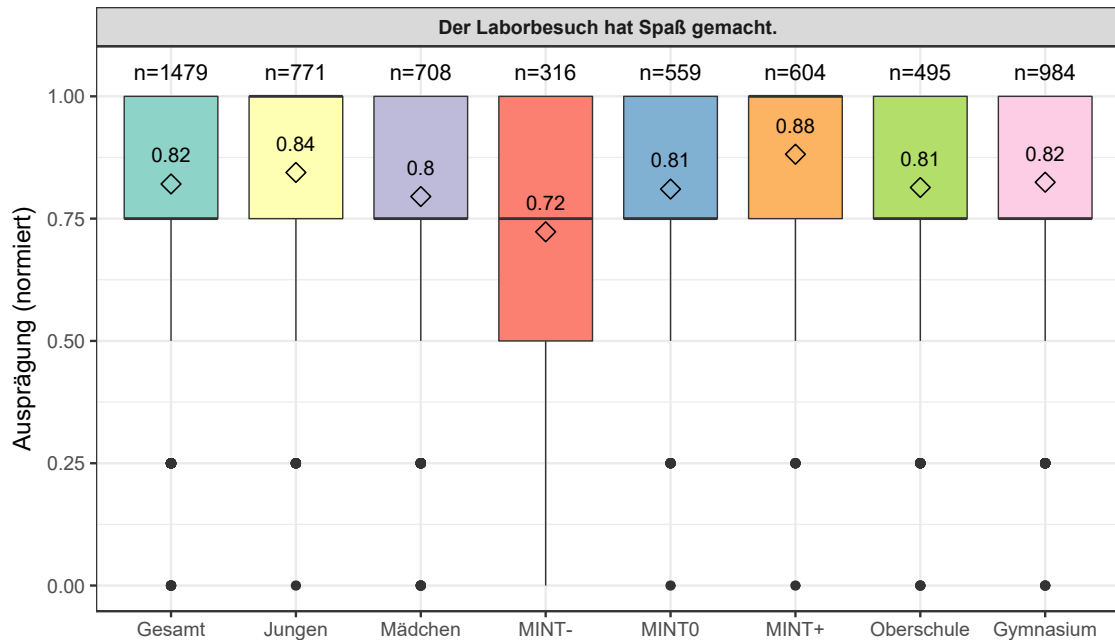


Abb. 52: Boxplot für den Spaß / Gefallen des Laborbesuchs (*Enjoyment*) (normiert auf 1; gekennzeichnet sind die Mittelwerte mit dem Symbol \diamond und die Stichprobengröße n). Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht, Interessentyp und Schulart).

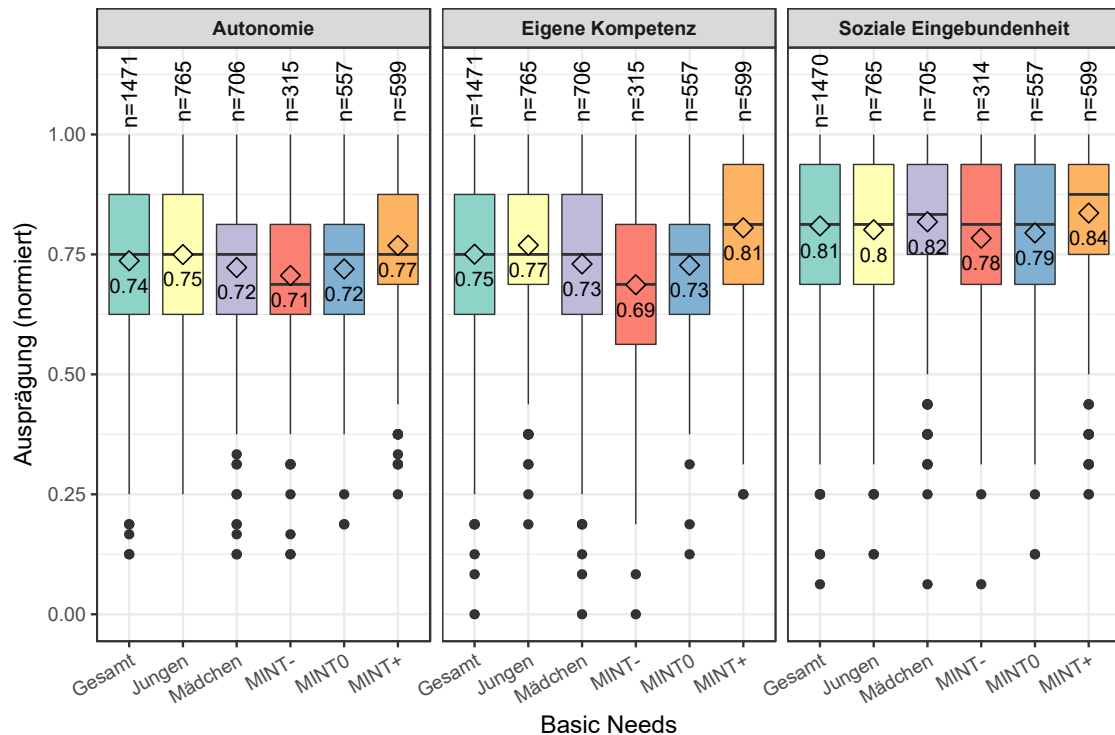


Abb. 53: Boxplot der psychologischen Grundbedürfnisse während des Laborbesuchs (normiert auf 1; gekennzeichnet sind die Mittelwerte mit dem Symbol \diamond und die Stichprobengröße n). Unterschieden werden die drei wahrgenommenen Dimensionen nach Deci und Ryan (2000). Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht und Interessentyp).

Interessant sind nun Teilgruppenvergleiche. Um zu ergründen, welchen Schülern bzw. Interessentypen der Laborbesuch besonders gefallen bzw. nicht gefallen haben, werden Boxplots verschiedener Subgruppen betrachtet:

Abb. 52 zeigt Boxplots und Mittelwerte für die Gesamtstichprobe, sowie für Jungen und Mädchen, die Schularten Gymnasium und Oberschule, sowie die Interessentypen ($MINT^{+|0|-}$). Eine Varianzanalyse belegt, dass der Experimentiertag den Jungen geringfügig besser gefallen hat ($F(1, 1477) = 22, p < 0.001^{***}$). Für die Schularten zeigten sich keine signifikanten Unterschiede ($F(1, 1477) = 0.9, p = 0.334^{ns}$). Die größten Unterschiede ergeben sich für die Interessentypen ($F(2, 1476) = 70.7, p < 0.001^{***}$): Stark (an MINT-Themen) interessierte Schüler (Interessentyp $MINT^{+}$) hat der Laborbesuch am meisten Spaß gemacht; wenig interessierten Schülern ($MINT^{-}$) hat es am wenigsten gefallen.

8.3.3 Psychologische Grundbedürfnisse (Basic Needs – H1d)

Während des Laborbesuchs sind die psychologischen Grundbedürfnisse (Basic Needs) nach Deci und Ryan (2000) in hohem Maße befriedigt (vgl. Abb. 53). Dies gilt vor allem für die Dimension der erlebten sozialen Eingebundenheit, die sogar noch etwas höher ausfällt als die anderen beiden – ebenfalls hoch befriedigten – Dimensionen.

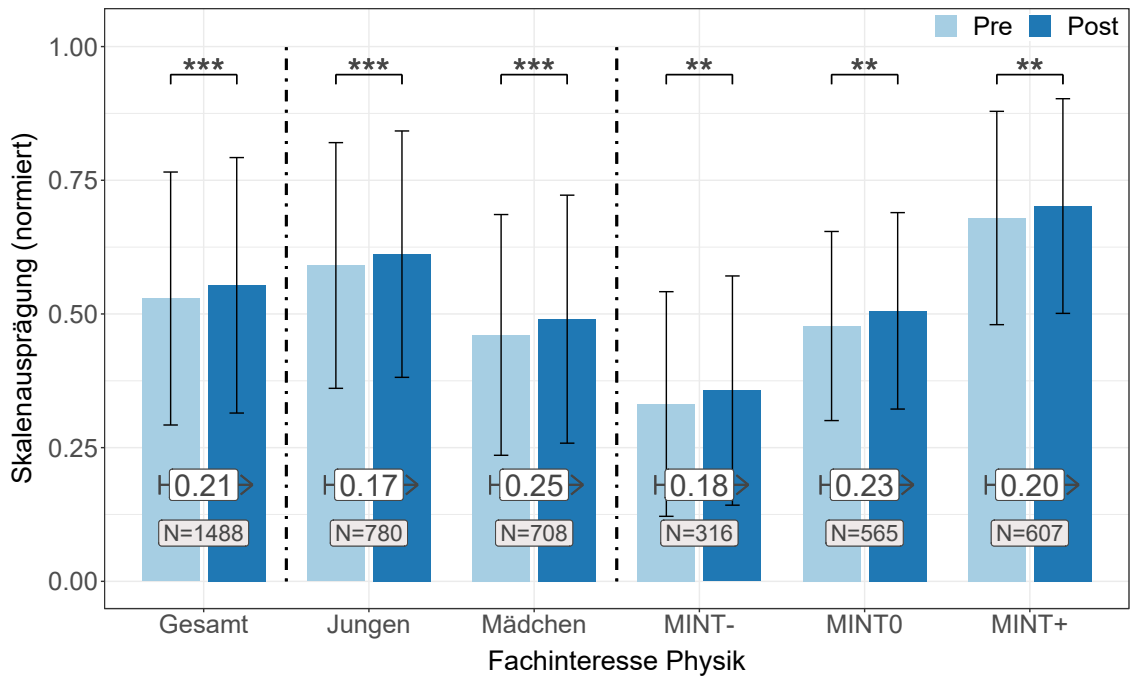


Abb. 54: Mittelwert und Standardabweichung des Fachinteresses Physik aus Pre- und Post-Befragung. Gekennzeichnet ist zusätzlich die Stichprobengröße N , das Signifikanzniveau des t -Tests mit Bonferroni-Korrektur ($*p < 0.05$, $**p < 0.01$, $***p < 0.001$), sowie das Effektstärkemaß Cohens d (Pfeilbox in der Abb.). Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht und Interessentyp).

Obwohl für alle Dimensionen – Erleben von Autonomie, eigener Kompetenz und sozialer Eingebundenheit – signifikante Unterschiede zwischen den Interessentypen (und Mädchen und Jungen) vorliegen (ANOVA, exemplarisch für das Autonomieerleben bzgl. Interessentyp: $F(2, 1468) = 22, p < 0.001^{***}$), zeigen sich bei keiner der Interessengruppen große Abweichungen vom Gesamtmittelwert.

Bemerkenswert ist, dass Jungen ein höheres Autonomieerleben als Mädchen aufweisen ($t(1450) = 3.3, p = 0.001^{**}, d = 0.17$)²¹ und auch die Wahrnehmung der eigenen Kompetenz bei Jungen höher ausfällt ($d = 0.25^{***}$); wohingegen bei Mädchen das Gefühl der sozialen Eingebundenheit größer ist ($d = 0.1^*$).

Insgesamt zeigt dies, dass während des Laborbesuchs bei allen Schülern die psychologischen Grundbedürfnisse – das Erleben von Autonomie, eigener Kompetenz und sozialer Eingebundenheit – befriedigt sind.

8.3.4 Fach- und Sachinteresse (H1e)

Das Fach- und Sachinteresse gehört zu den sich langsam veränderlichen – dispositionalen – Interessen. Daher ist nicht zu erwarten, dass sich diese Interessen stark ändern.

²¹ Geprüft durch t -Tests (ggf. wenn in folgenden Betrachtungen die Anzahl der Subgruppen ≥ 3 mit Bonferroni-Korrektur – vgl. Kapitel 6); $*p < 0.05$, $**p < 0.01$, $***p < 0.001$; d : Effektstärkemaß Cohens d mit $d \geq 0.2$: kleiner Effekt, $d \geq 0.5$: mittlerer Effekt & $d \geq 0.8$: großer Effekt (Cohen, 1992).

FACHINTERESSE PHYSIK Insgesamt zeigt [Abb. 54](#), dass das Interesse an Physik (als Unterrichtsfach) weder besonders hoch, noch besonders niedrig ausgeprägt ist. Varianzanalysen der Teilgruppen offenbaren signifikante Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen und (erwartungsgemäß) starke Unterschiede zwischen den drei Interessentypen. Dabei haben Jungen ein höheres Fachinteresse und die Interessentypen $MINT^{+|0|-}$ gliedern sich in erhöhtes / moderates / niedriges Fachinteresse.

Mit Blick auf die Entwicklung des Fachinteresses durch den Laborbesuch zeigt sich sogar eine signifikante Erhöhung des Fachinteresses ($t(1468) = 7.9, p < 0.001^{***}, d = 0.21$). Dies entspricht nach Cohen (1992) (vgl. auch [Kapitel 6: Tab. 17 auf Seite 138](#)) einem *kleinen Effekt*. Teilgruppenvergleiche zeigen, dass dieser Effekt für Mädchen größer als für Jungen ist ($d = 0.25^{***}$) – der Gender-Gap bzgl. des Fachinteresses an Physik wird also durch den Laborbesuch (zumindest kurzfristig) verringert.

Auch für Jungen und alle Interessentypen $MINT^{+|0|-}$ zeigen sich durchweg positive kleine Effekte auf das Fachinteresse Physik (vgl. d in [Abb. 54](#)).

SACHINTERESSE PHYSIK Das Sachinteresse der Schüler an der Wissenschaft Physik fällt im Vergleich zum Fachinteresse bedeutend geringer aus ([Abb. 55](#)). Insgesamt zeigt die Abb., dass die Schüler eher wenig an Physik als Wissenschaft interessiert sind; wobei Jungen stärker als Mädchen interessiert sind und das Sachinteresse entsprechend der Interessentypen $MINT^{+|0|-}$ gegliedert ist. Bemerkenswert ist jedoch, dass selbst für den Typ $MINT^{+}$ das Interesse nur mittelhoch ausfällt.

Erfreulicherweise zeigt sich ein positiver signifikanter Effekt mit kleiner Effektstärke auf das Sachinteresse Physik durch den Laborbesuch ($t(1468) = 9.8, p < 0.001^{***}, d = 0.26$). Teilgruppenvergleiche zeigen, dass dieser positive Effekte gleichermaßen für Mädchen und Jungen besteht (für Mädchen geringfügig größer) und dass besonders wenig bis mittel interessierte Schüler (Interessentypen $MINT^{-}$ & $MINT^{0}$ mit $d = 0.34^{***}$ bzw. $d = 0.28^{***}$) davon profitieren.

SACHINTERESSE NATURWISSENSCHAFTEN [Abb. 56](#) zeigt, dass das Sachinteresse an Naturwissenschaften weder besonders hoch, noch besonders niedrig ausgeprägt ist. Varianzanalysen der Teilgruppen offenbaren signifikante Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen und (erwartungsgemäß) stärkere Unterschiede zwischen den drei Interessentypen; wobei sich für $MINT^{+}$ besonders hohe Ausprägungen im Vergleich zu $MINT^{0}$ & $MINT^{-}$ zeigen. Für Jungen ist das Sachinteresse an Naturwissenschaften höher als für Mädchen.

Mit Blick auf die Entwicklung des Sachinteresses an Naturwissenschaften durch den Laborbesuch zeigt sich sogar eine signifikante Erhöhung des Sachinteresses ($t(1468) = 4.6, p < 0.001^{***}$). Diese Verbesserung ist zwar signifikant, entspricht nach Cohen (1992) allerdings weniger als einem kleinen Effekt ($d = 0.12^{***}$). Insgesamt kann daher also nicht wirklich von einem bedeutendem Effekt auf das Sachinteresse an Naturwissenschaften gesprochen werden.

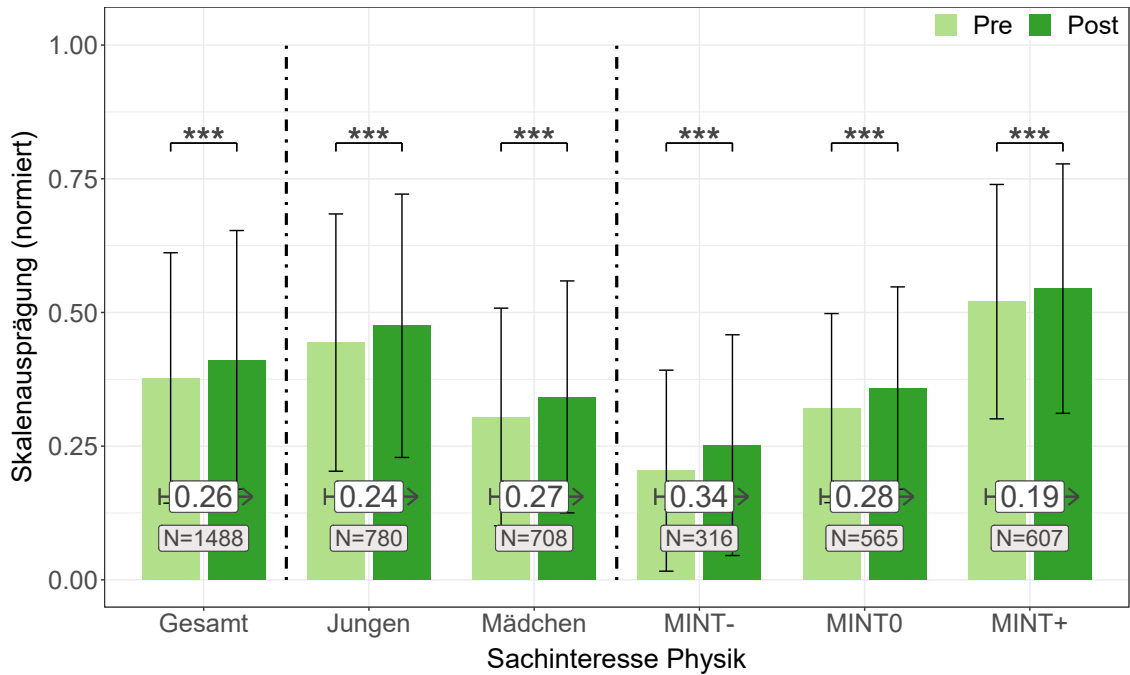


Abb. 55: Mittelwert und Standardabweichung des Sachinteresses Physik aus Pre- und Post-Befragung. Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht und Interessentyp). Gekennzeichnet sind Stichprobengr. N , Signifikanzniveau des t -Tests & Cohens d (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; mit Bonferroni-Korrektur).

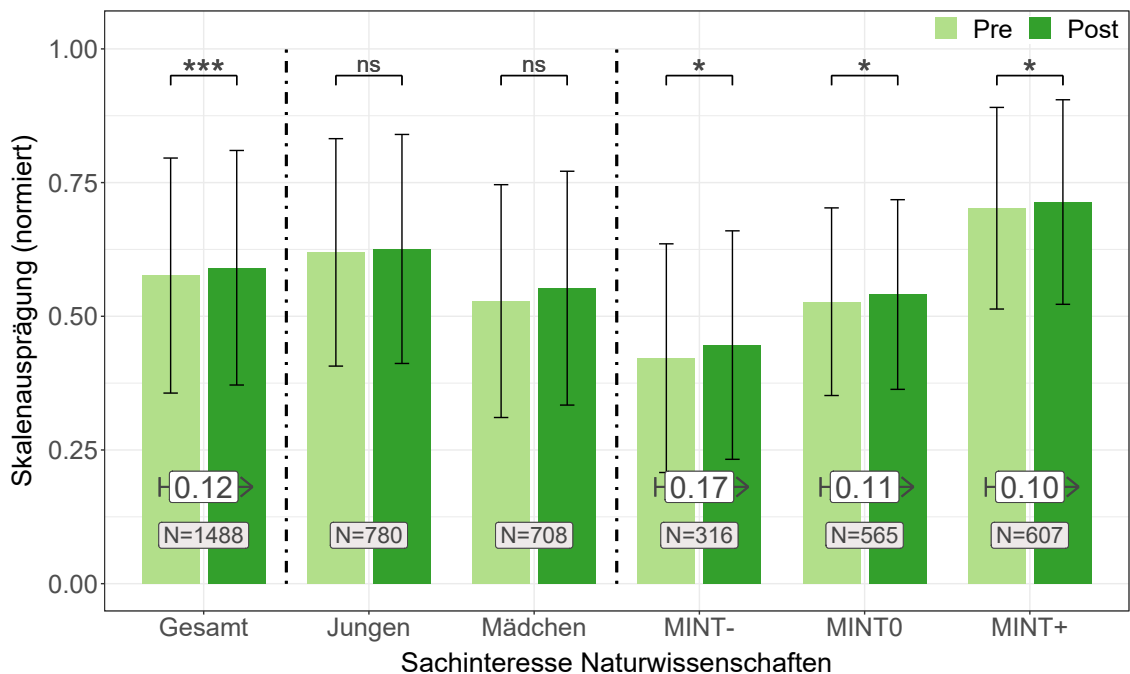


Abb. 56: Mittelwert und Standardabweichung des Sachinteresses an Naturwissenschaften aus Pre- und Post-Befragung. Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht und Interessentyp). Gekennzeichnet sind Stichprobengr. N , Signifikanzniveau des t -Tests & Cohens d (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; mit Bonferroni-Korrektur).

8.3.5 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse zu *H1*

1. *Aktuelles Interesse (H1a)*: Der Laborbesuch ruft beim Großteil der Schüler aktuelles Interesse hervor. Besonders gilt dies für die emotionale und die wertebezogene Komponente. Jungen weisen dabei ein geringfügig höheres Interesse auf.
2. *Lernzuwachs (H1b)*: Der Großteil der Schüler gab an, etwas neues über Naturwissenschaft gelernt zu haben.
3. *Akzeptanz (H1c)*: Der Schülerlaborbesuch hat (unabhängig von der Schulart) bis auf wenige Ausnahmen allen Schülern Spaß gemacht. Stark (an MINT-Themen) interessierte Schüler hat der Laborbesuch am meisten Spaß gemacht.
4. *Basic Needs (H1d)*: Während des Laborbesuchs sind die psychologischen Grundbedürfnisse – das Erleben von Autonomie, eigener Kompetenz und sozialer Eingebundenheit – befriedigt.
5. *Dispositionales Interesse (H1e)*: Erfreulicherweise zeigen sich positive kleine Effekte auf das Fach- und Sachinteresse an Physik und Naturwissenschaften. Für Mädchen und wenig bis mittel interessierte Schüler ist dieser Effekt am größten.

Die Hypothese *H1* kann somit bestätigt werden.

8.4 HYPOTHESE 2: EINSTELLUNG ZU NATURWISS. TÄTIGKEITSFELDERN

Die Forschung zeigt, dass Schülerlabore über das Potential verfügen, auf die Berufsorientierung der Schüler positiv zu wirken. Dieser Effekt ist bei Mädchen stärker ausgeprägt, wobei das Grundinteresse von Jungen gegenüber naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen zu allen Zeitpunkten höher ausfällt (Brandt, 2005; Weißnigk, 2013).

Aufgrund dieser Befundlage wird die zweite Hypothese im Bezug auf das Schülerlabor DeltaX geprüft:

H2 Schülerlabore fördern eine positive Einstellung der Lernenden zu naturwissenschaftlichen Tätigkeiten und Berufen.

- a. Der Schülerlaborbesuch fördert die Selbstwirksamkeitserwartung für naturwissenschaftlich-technische Arbeitsweisen.
 - b. Der Schülerlaborbesuch beeinflusst die Einstellung zu naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen positiv.
-

Die Analyse gleicht methodisch dem Vorgehen von H1 (vgl. Abschnitt 8.3). Auch hier werden wieder neben dem *Gesamteffekt* für alle Schüler zusätzlich werden *Teilgruppenvergleiche* für verschiedene Subgruppen (Geschlecht, ggf. Schulart) und Interessentypen (MINT^{+|o|-}; vgl. Abschnitt 8.2) durchgeführt.

8.4.1 Selbstwirksamkeitserwartung für naturwiss.-techn. Arbeitsweisen (H2a)

Durch Faktorenanalyse konnte gezeigt werden, dass die Skala der Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) für naturwissenschaftlich-technische Arbeitsweisen in drei Aspekte unterschieden werden kann (vgl. Kapitel 7): einen *kreativen*, einen *technischen* und einen *kooperativen* Aspekt. Daher soll auch die Analyse auf diesen drei Aspekten fußen (vgl. Abb. 57).

Insgesamt zeigen sich für alle Aspekte der SWE für naturwissenschaftlich-technische Arbeitsweisen signifikante positive Verbesserungen. Gleich große (kleine) Effektstärken zeigen sich für den kreativen und den kooperativen Aspekt ($d = 0.24^{***}$); für den technischen Aspekt zeigt sich insgesamt ein kleinerer Effekt ($d = 0.14^{***}$).

TEILGRUPPENVERGLEICHE Varianzanalysen offenbaren, dass sich Mädchen und Jungen am stärksten im technischen Aspekt der SWE für naturwiss.-techn. Arbeitsweisen unterscheiden ($F(1, 1480) = 411.6, p < 0.001^{***}$). Es ergeben sich zwei interessante Befunde im Hinblick auf Geschlechterunterschiede:

1. Für den kooperativen Effekt zeigen sich nur tendenziell signifikante Geschlechterunterschiede *vor* dem Experimentiertag ($F(1, 1482) = 3.8, p = 0.051$). Für Mädchen hat der Laborbesuch einen größeren Effekt ($d = 0.28^{***}$);

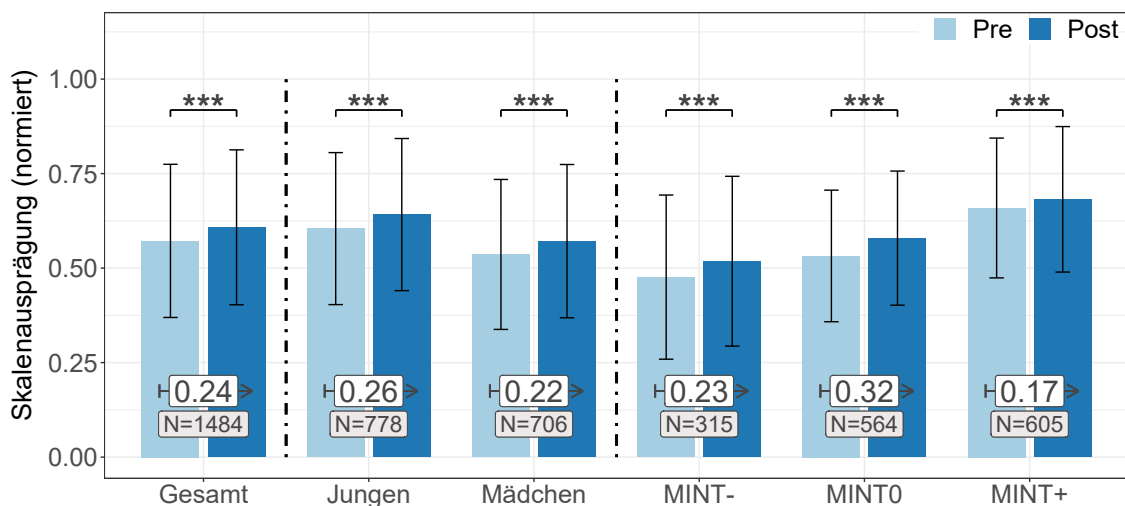
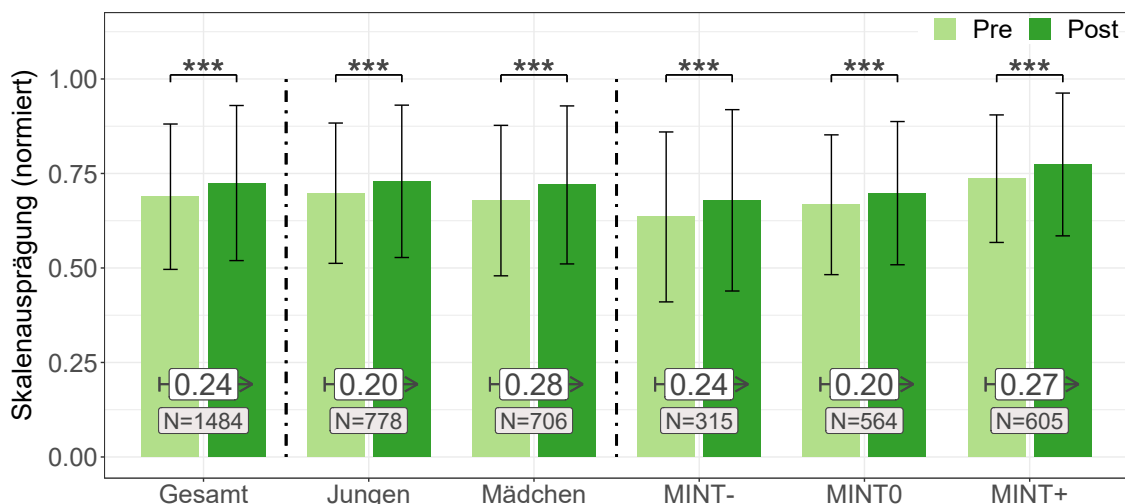
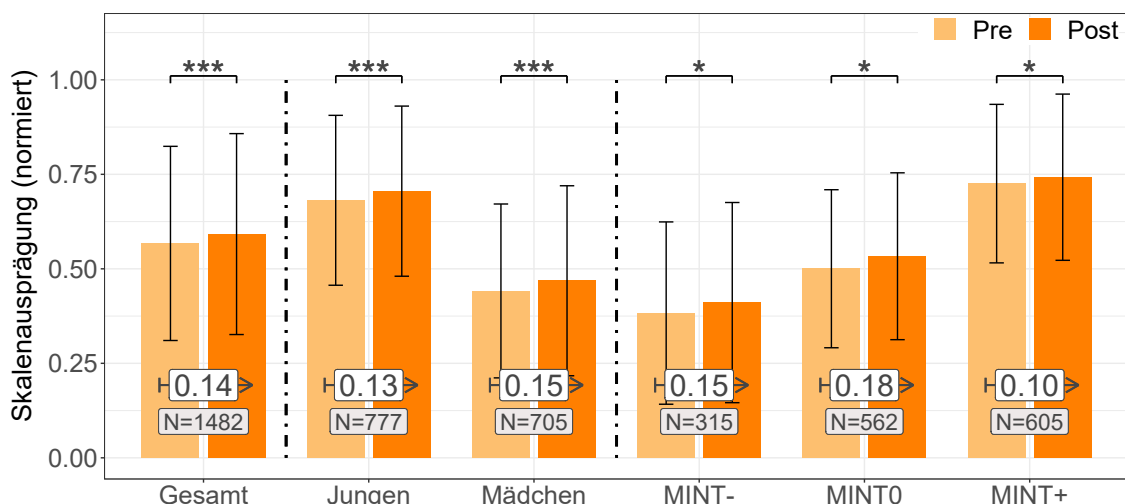
(a) SWE für naturwiss.-techn. Arbeitsweisen – **kreativer Aspekt**.(b) SWE für naturwiss.-techn. Arbeitsweisen – **kooperativer Aspekt**.(c) SWE für naturwiss.-techn. Arbeitsweisen – **technischer Aspekt**.

Abb. 57: Mittelwert und Standardabweichung der Selbstwirksamkeitserwartung für naturwissenschaftlich-techn. Arbeitsweisen aus Pre- und Post-Befragung (gegliedert in 3 Aspekte). Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht und Interessentyp). Gekennzeichnet sind Stichprobengr. N , Signifikanzniveau des t -Tests & Cohens d (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; mit Bonferroni-Korrektur).

sodass der Unterschied zwischen den Geschlechtern *nach* dem Laborbesuch verschwindet ($F(1, 1454) = 0.8, p = 0.378^{ns}$). Somit wird der Gender-Gap nicht nur kleiner, sondern wird vollständig geschlossen.

2. Für die meisten der hier untersuchten Konstrukte zeigen die Jungen eine höhere Ausprägung im Vergleich zu den Mädchen; dafür ergeben sich für Mädchen größere Effektstärken. Im Falle des kreativen Aspekts naturwiss.-techn. Arbeitsweisen offenbart sich trotz generell höherer Ausprägung zusätzlich ein noch größerer Effekt als für Mädchen ($d = 0.26^{***}$).

Ein Blick auf die Teilgruppenvergleiche bzgl. der drei Interessentypen $MINT^{+|0|-}$ zeigt, dass sich diese unterschiedlich stark unterscheiden. Am größten sind die Unterschiede für den technischen Aspekt; für den kooperativen Aspekt hingegen sind die Differenzen weitaus geringer. Es wird deutlich (vgl. Cohens d in [Abb. 57](#)), dass wenig bis moderat interessierte Schüler (Interessentypen $MINT^{-}$ & $MINT^0$) am stärksten im Hinblick auf die kreativen und technischen Aspekte profitieren, während stark interessierte Schüler ($MINT^{+}$) besonders im kooperativen Aspekt zulegen.

8.4.2 Einstellung zu naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen ([H2b](#))

Die Skala *Einstellung zu naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen* spiegelt wider, inwieweit sich Schüler vorstellen können, in einem naturwissenschaftlichen Feld zu arbeiten, eine Ausbildung zu absolvieren bzw. etwas in diese Richtung zu studieren (Beispielitem: „*Ich könnte mir vorstellen, etwas im naturwissenschaftlichen Bereich zu studieren bzw. eine Ausbildung zu machen.*“). [Abb. 58](#) zeigt die Mittelwerte und Standardabweichung dieser Skala inkl. Teilgruppenvergleichen (Geschlecht und Interessentyp).

Insgesamt ergibt sich ein mittleres Interesse an einer Tätigkeit innerhalb eines naturwissenschaftlichen Arbeitsfeldes. Varianzanalysen belegen, dass sich diese Ausprägung stark zwischen Mädchen und Jungen unterscheidet ($F(1, 1482) = 34.1, p < 0.001^{***}$). Deutlicher fällt der Unterschied zwischen den Interessengruppen $MINT^{+|0|-}$ aus ($F(2, 1481) = 327.2, p < 0.001^{***}$): Hier zeigen sich vergleichsweise vor allem Schüler des Interessentyps $MINT^{+}$ zu einer naturwissenschaftlichen Tätigkeit hingezogen.

Mit Blick auf die Veränderung durch den Laborbesuch zeigt sich insgesamt, sowie für alle betrachtete Teilgruppen, eine signifikante Erhöhung mit kleinen Effektstärken (vgl. Cohens d in [Abb. 58](#)). Varianzanalysen zeigen, dass dieser positive Effekt für Jungen am größten ist ($d = 0.35^{***}$) – und das obwohl die Ausprägung bei Jungen ohnehin schon höher als die der Mädchen ist. Wenig interessierte Schüler ($MINT^{-}$) profitieren in dieser Hinsicht geringfügig mehr als andere Interessentypen ($d = 0.3^{***}$).

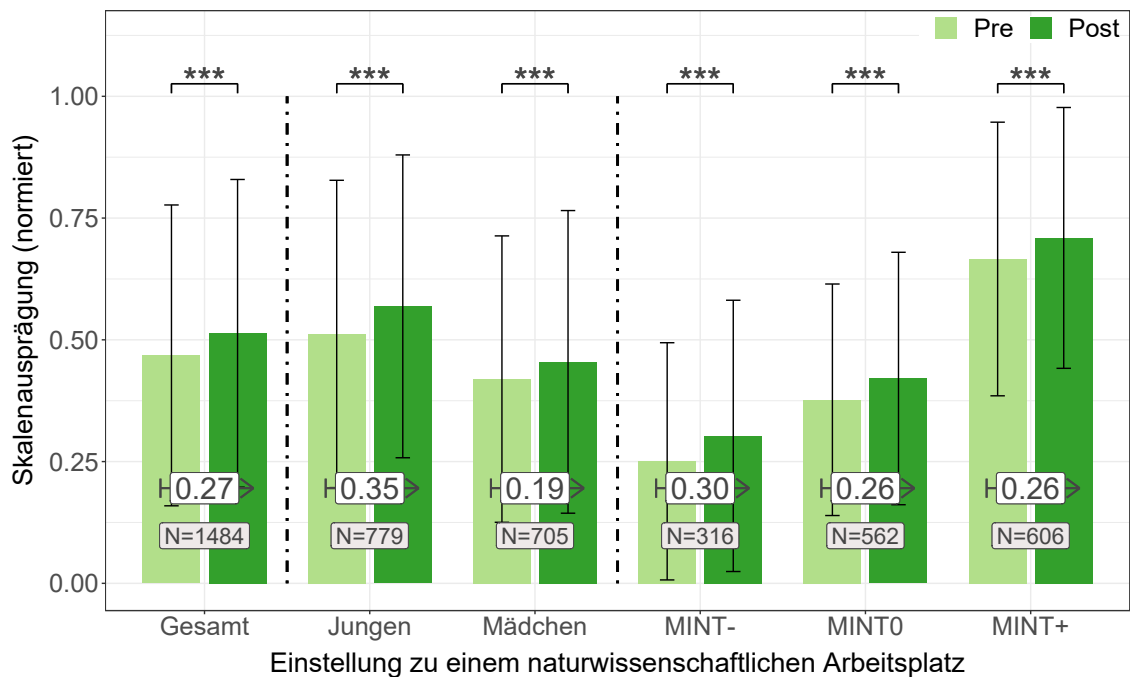


Abb. 58: Mittelwert und Standardabweichung der Einstellung zu einem naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz aus Pre- und Post-Befragung. Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht und Interessentyp). Gekennzeichnet sind Stichprobengr. N , Signifikanzniveau des t -Tests & Cohens d (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; mit Bonferroni-Korrektur).

8.4.3 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse zu H_2

1. *Selbstwirksamkeitserwartung (H_{2a}):* Die Selbstwirksamkeitserwartung für naturwissenschaftliche und technische Arbeitsweisen wird durch den Laborbesuch gering positiv beeinflusst. Wenig bis moderat interessierte Schüler profitieren am stärksten im Hinblick auf die kreativen und technischen Aspekte, während stark interessierte Schüler besonders im kooperativen Aspekt dazugewinnen.
2. *Einstellung (H_{2b}):* Durch den Laborbesuch wird die Einstellung zu naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen gering positiv beeinflusst. Obwohl die Ausprägung ohnehin schon bei Jungen röser als bei Mädchen ausfällt, ist die (positive) Veränderung für Jungen sogar stärker als für Mädchen.

Die Hypothese H_2 kann somit bestätigt werden.

8.5 HYPOTHESE 3: ADÄQUATE UND POSITIVE WAHRNEHMUNG VON NATURWISSENSCHAFTEN

Die Forschung zeigt, dass Schülerlabore über das Potential verfügen, auf das Image von Physik (sogar langfristig) positiv zu wirken (Weßnigk, 2013). Durch Schülerlaborbesuche kann ein Einblick in naturwissenschaftliche Forschung erhalten und so die Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag hervorgehoben werden (z.B. Engeln, 2004; Pawek, 2009; Streller, 2015).

Daher wird die dritte Hypothese im Bezug auf das Schülerlabor DeltaX geprüft:

H₃ Schülerlabore fördern eine adäquate und positive Wahrnehmung von Naturwissenschaften für folgende Aspekte:

- a. Image der Lernenden vom Unterrichtsfach und der Wissenschaft Physik.
 - b. Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag.
 - c. Einblick in naturwissenschaftliche Forschung.
-

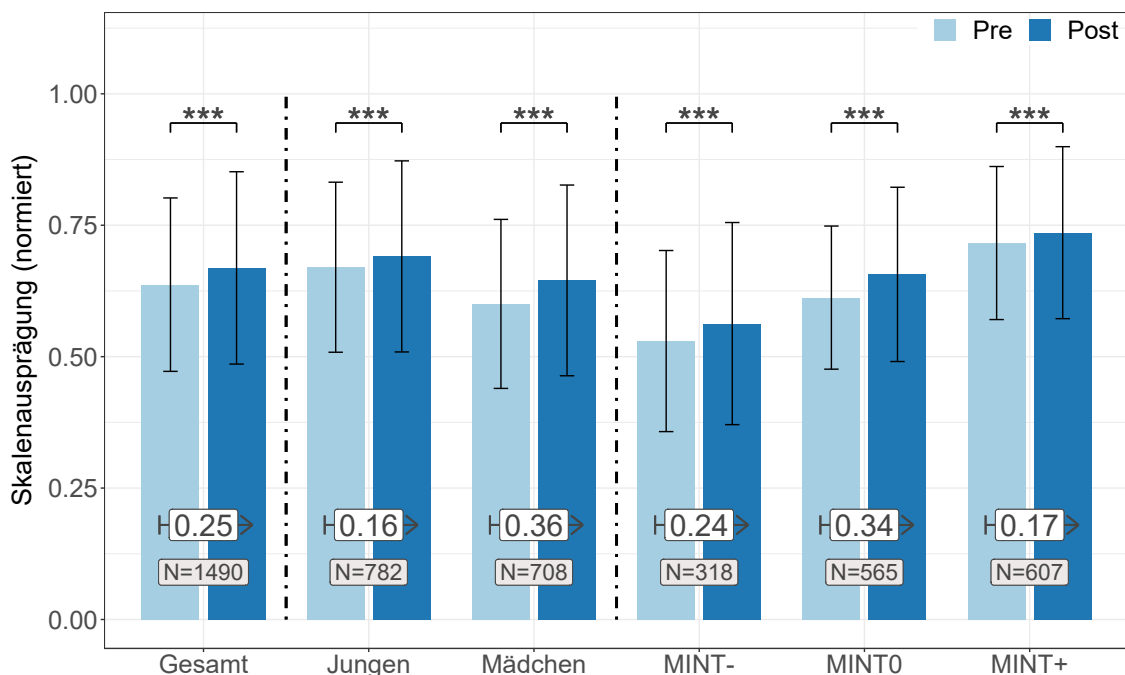
Die Analyse gleicht methodisch dem Vorgehen der vorherigen Hypothesen (vgl. [Abschnitt 8.3](#)). Auch hier werden wieder neben dem *Gesamteffekt* für alle Schüler zusätzlich *Teilgruppenvergleiche* für verschiedene Subgruppen (Geschlecht, ggf. Schulart) und Interessentypen (MINT^{+|0|-}; vgl. [Abschnitt 8.2](#)) durchgeführt.

8.5.1 *Image von Unterrichtsfach und Wissenschaft Physik (H_{3a})*

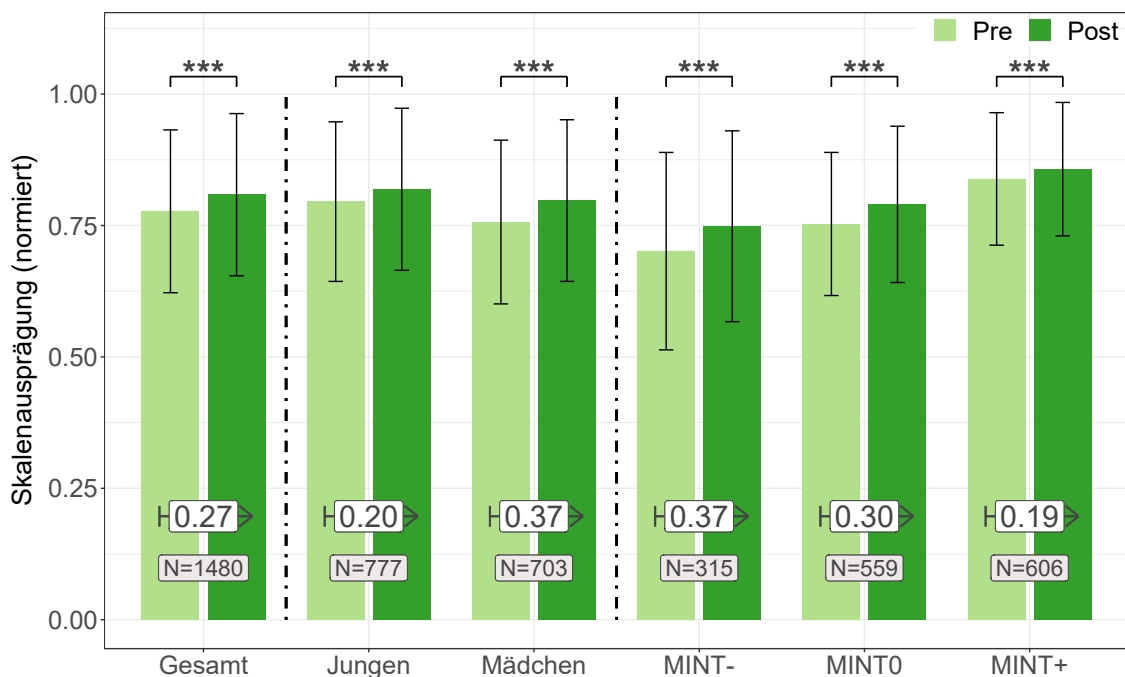
Für die Erfassung des Images der Schüler von Unterrichtsfach und Wissenschaft Physik wurden nach dem Vorbild von Weßnigk (2013) die gleichen Items einmal in Bezug auf das *Unterrichtsfach Physik* und einmal in bzgl. der *Wissenschaft Physik* abgefragt. Der Pre-Post-Vergleich der beiden Skalenmittelwerte inkl. Teilgruppenvergleichen (Geschlecht und Interessentyp) ist in [Abb. 59](#) zu sehen. Dabei ist der Skalenwert 0 als negatives Image (*unwichtig, un kreativ, abgeschlossen und rückschrittlich*) und der normierte Skalenwert 1 als positives Image von Physik zu interpretieren (*wichtig, kreativ, offen und fortschrittlich*).

Insgesamt wird deutlich, dass das Image von Physik als Naturwissenschaft ([Abb. 59b](#)) besser als das des Unterrichtsfaches ist ([Abb. 59a](#)). Dennoch ist erfreulicherweise das Image beider Aspekte positiv.

Erfreulich ist weiter, dass sich für die beiden Aspekte des Images von Physik positive Effekte durch den Laborbesuch ergeben. Teilgruppenvergleiche zeigen, dass das Physik-Image der Jungen etwas höher als das der Mädchen ist. Es zeigt sich auch wieder die Abstufung der Interessentypen MINT^{+|0|-} wobei MINT⁺ jeweils die höchste und MINT⁻ die niedrigsten Ausprägungen aufweisen. Absolut haben alle Teilgruppen jedoch ein eher positives Image von Physik als Unterrichtsfach und als Wissenschaft.



(a) Image von Physik als Unterrichtsfach.



(b) Image von Physik als Naturwissenschaft.

Abb. 59: Mittelwert und Standardabweichung für das Image von Physik aus Pre- und Post-Befragung (Unterrichtsfach und Wissenschaft). Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht und Interessentyp). Gekennzeichnet sind Stichprobengr. N , Signifikanzniveau des t -Tests & Cohens d (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; mit Bonferroni-Korrektur).

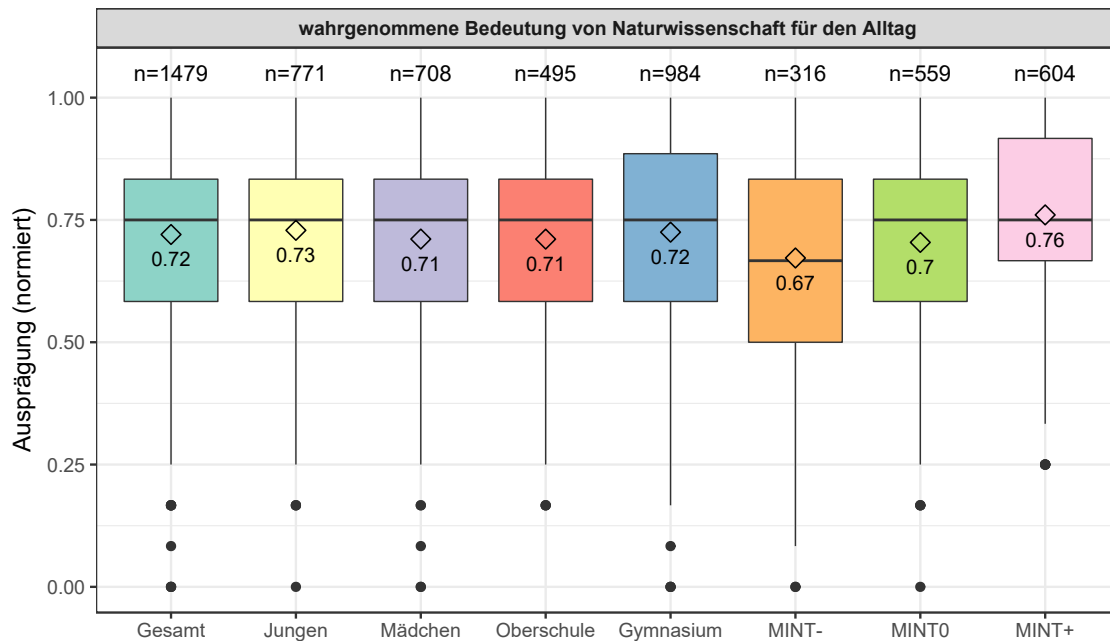


Abb. 60: Boxplot der empfundenen Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag (normiert auf 1; gekennzeichnet sind die Mittelwerte mit dem Symbol \diamond und die Stichprobengröße n). Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht, Schulart und Interessentyp).

Das Physik-Image der Mädchen wird vergleichsweise stark positiv beeinflusst. So entspricht etwa im Falle des Images von Physik als Wissenschaft die gefundene Effektstärke von $d = 0.37^{***}$ einem kleinen bis mittlerem Effekt (Cohen, 1992). Damit gleicht die Ausprägung der Mädchen nach dem Versuchstag der Ausprägung der Jungen vor dem Versuchstag; was eine ANOVA belegt: $F(1, 1482) = 0.1, p = 0.798^{ns}$. Auch für das Physik-Image des Unterrichtsfaches ist die Effektstärke für Mädchen größer – der Gender-Gap wird verringert.

In Bezug auf die Interessengruppen ($MINT^{+|0|-}$) zeigen sich für die wenig bis mittel interessierten Schüler die größten Effektstärken (vgl. Abb. 59).

8.5.2 Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag ($H3b$)

Wie die Mittel- und Medianwerte in Abb. 60 zeigen, schätzen die Schüler die Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag als eher hoch ein. Varianzanalysen belegen, dass diese Einschätzung unabhängig von Geschlecht oder Schulart ist (ANOVA Geschlecht: $F(1, 1477) = 3.1, p = 0.077$; Schulart: $F(1, 1477) = 1.8, p = 0.183^{ns}$).

Allerdings zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen allen drei Interessentypen, wobei $MINT^{+}$ die höchsten Ausprägungen und $MINT^{-}$ die niedrigsten Ausprägungen aufweisen.

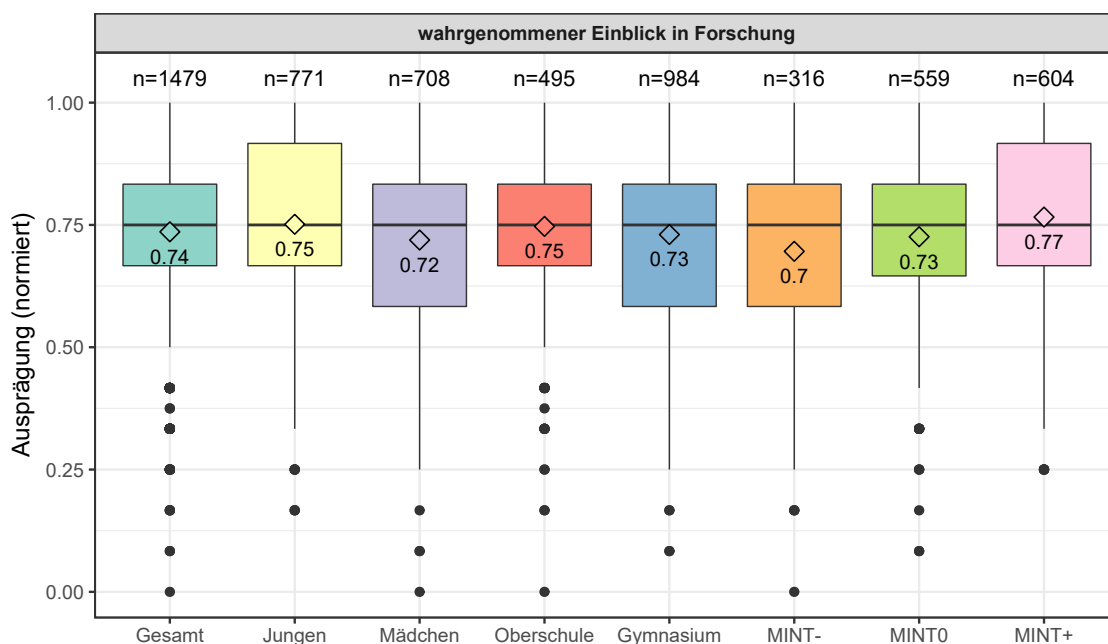


Abb. 61: Boxplot des am Experimentiertag gewonnenen Einblicks in die Forschung (normiert auf 1; gekennzeichnet sind die Mittelwerte mit dem Symbol \diamond und die Stichprobengröße n). Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht, Schulart und Interessentyp).

8.5.3 Einblick in naturwissenschaftliche Forschung (H3c)

Die Mittel- und Medianwerte in [Abb. 61](#) signalisieren, dass das Schülerlabor DeltaX in der Lage ist, den Schülern einen Einblick in die Forschung zu verschaffen. Varianzanalysen belegen, dass diese Einschätzung unabhängig von der Schulart, nicht aber vom Geschlecht ist (ANOVA Schulart: $F(1, 1477) = 2.9, p = 0.088$; Geschlecht: $F(1, 1477) = 12.3, p < 0.001^{***}$). Demnach schätzen Jungen den erhaltenen Einblick in die Forschung geringfügig höher ein.

Auch hier zeigen sich – wie schon bei der empfundenen Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag ([H3b](#)) – signifikante Unterschiede zwischen allen drei Interessentypen, wobei MINT⁺ die höchsten Ausprägungen und MINT⁻ die niedrigsten Ausprägungen aufweist.

8.5.4 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse zu H_3

1. *Image von Physik (H_{3a}):* Das Image von Physik ist generell eher positiv als negativ, wobei das Image von Physik als Naturwissenschaft leicht höher als das des Unterrichtsfaches ausfällt. Durch den Schülerlaborbesuch wird das Physik-Image für Wissenschaft und Unterrichtsfach gering positiv beeinflusst. Dabei wird das Image von Mädchen (Verringerung des Gender-Gaps) und von schwach bis mittel interessierten Schülern vergleichsweise am stärksten beeinflusst.
2. *Bedeutung von Naturwissenschaft (H_{3b}):* Die Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag wird (unabhängig von Geschlecht und Schulart) als hoch eingeschätzt.
3. *Einblick in Forschung (H_{3c}):* Das Schülerlabor DeltaX verfügt über das Potential, den Schülern einen Einblick in die Forschung zu verschaffen.

Die Hypothese H_3 kann somit bestätigt werden.

8.6 HYPOTHESE 4: EINFLUSS AUF REGULÄREN UNTERRICHT

Obwohl Schülerlabore nur eine kurzfristige Wirkung bezüglich des Interesses zu haben scheinen, heißt das nicht, dass die Wirkung auf den Lernort Schülerlabor beschränkt ist: Auch auf den regulären naturwissenschaftlichen Unterricht wirkt der Schülerlaborbesuch nach. Die Forschung zeigt, dass es beispielsweise ebenfalls möglich ist, das Fähigkeitsselbstkonzept der Lernenden über den Besuch hinaus kurzfristig zu steigern (Brandt, 2005; Pawek, 2009; Streller, 2015; Weßnigk, 2013). In dieser Studie wird anstatt des Fähigkeitsselbstkonzepts (FSK) die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) untersucht. Die Gründe hierfür werden in [Abschnitt 3.1 \(Seite 25\)](#) diskutiert. Interessant ist es nun zu sehen, wie stark die SWE durch den Schülerlaborbesuch beeinflusst werden kann. Aufgrund der leichteren Veränderlichkeit der SWE können so evtl. erkenntnisreichere bzw. deutlichere Wirkzusammenhänge hergestellt werden, als dies mit dem FSK möglich wäre.

Die Hypothese [H4](#) stellt somit eine vertiefte Replikation bzw. Erweiterung bisheriger Befunde dar:

H4 Schülerlabore haben einen positiven Einfluss auf regulären Unterricht.

- a. Der Besuch des Schülerlabors hat positive Auswirkungen auf die schulische Selbstwirksamkeitserwartung im Physikunterricht und speziell für das Experimentieren im Physikunterricht.
 - b. Durch den Schülerlaborbesuch kann das Engagement / die Leistungsbereitschaft im Fach Physik gesteigert werden.
-

Die Analyse gleicht methodisch dem Vorgehen der vorherigen Hypothesen (vgl. [Abschnitt 8.3](#)). Auch hier werden wieder neben dem *Gesamteffekt* für alle Schüler zusätzlich *Teilgruppenvergleiche* für verschiedene Subgruppen (Geschlecht, ggf. Schulart) und Interessentypen (MINT^{+|0|}-; vgl. [Abschnitt 8.2](#)) durchgeführt.

8.6.1 *Selbstwirksamkeitserwartung im Physikunterricht (H4a)*

Der Einfluss des Laborbesuchs auf den regulären Unterricht wird über die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) bezogen auf den Physikunterricht und speziell für das Experimentieren im Physikunterricht ermittelt.

SWE IM PHYSIKUNTERRICHT Aus den Mittelwerten (vgl. [Abb. 62a](#)) geht hervor, dass die Ausprägung der SWE der Schüler in einem mittleren Bereich liegt. Die Jungen weisen dabei eine signifikant höhere SWE als die Mädchen auf ($F(1, 1486) = 116.7, p < 0.001^{***}$). Auch zwischen den Interessentypen MINT^{+|0|}- ist die Abstufung signifikant, wobei sich für MINT⁺ die größte und MINT⁻ die geringste SWE ergibt.

Der Blick auf die Veränderung dieser Ausprägungen durch den Laborbesuch zeigt eine signifikante und Geschlechter-unabhängige Erhöhung der Ausprägung ($t(1464) = 6.1, p < 0.001^{***}, d = 0.16$). Allerdings entspricht die Effektstärke nach Cohen (1992) weniger als einem kleinen Effekt. Zudem werden diese Änderungen speziell auf die Interessentypen bezogen nicht signifikant. Insgesamt kann daher also nicht wirklich von einem bedeutendem Effekt auf das SWE im Physikunterricht gesprochen werden.

SWE FÜR DAS EXPERIMENTIEREN IM PU Etwas anders gestalten sich die Befunde speziell für das Experimentieren im Physikunterricht (Abb. 62b). Auch hier liegt die Ausprägung der SWE in eher mittlerem Bereich (auch wenn diese etwas höher als für die SWE im Physikunterricht allgemein; vgl. Abb. 62a). Hier weisen die Jungen ebenfalls eine signifikant höhere SWE als die Mädchen auf ($F(1, 1486) = 143.5, p < 0.001^{***}$) und bzgl. der Interessentypen $MINT^{+|0|-}$ zeigt sich dieselbe Abstufung wie oben ($MINT^{+}$ am größten und $MINT^{-}$ am geringsten).

Die Veränderung der SWE speziell für das Experimentieren wird insgesamt signifikant mit einer kleinen Effektstärke ($t(1464) = 9.8, p < 0.001^{***}, d = 0.26$). Teilgruppenvergleiche zeigen, dass dieser positive Effekt für Mädchen am größten ist ($d = 0.32^{***}$) – der Gender-Gap wird verringert. Es zeigt sich weiter, dass die Effektstärken im Falle von wenig und stark interessierte Schülern ($MINT^{-}$ & $MINT^{+}$) vergleichsweise besonders groß ausfallen ($d = 0.31^{***}$ & $d = 0.35^{***}$).

8.6.2 Leistungsbereitschaft im Physikunterricht (H4b)

Das Engagement bzw. die Leistungsbereitschaft im Fach Physik wurde im Pre- und Post-Fragebogen durch das Einzelitem mit 5-stufiger Likert-Skala „Wie sehr planen Sie sich im Physikunterricht in Zukunft zu engagieren / anzustrengen?“ abgefragt. Die Mittelwerte und Standardabweichung für beide Zeitpunkte inkl. Teilgruppenvergleich sind in Abb. 63 dargestellt.

Die Leistungsbereitschaft / das Engagement im Physikunterricht liegt im mittleren Bereich. Varianzanalysen zeigen, dass sich die Ausprägung zwischen Jungen und Mädchen, sowie zwischen den Interessentypen $MINT^{+|0|-}$ signifikant unterscheiden. Zwischen den beiden Schularten Oberschule und Gymnasium liegen keine Unterschiede vor ($F(1, 1469) = 1.3, p = 0.247^{ns}$).

Der Schülerlaborbesuch hat eine signifikant positive Wirkung mit kleiner Effektstärke auf die Leistungsbereitschaft ($t(1413) = 9.7, p < 0.001^{***}, d = 0.26$). Teilgruppenvergleiche zeigen, dass besonders die Interessentypen $MINT^{0}$ und $MINT^{+}$ die Leistungsbereitschaft steigern.

Die Leistungsbereitschaft der Jungen wird leicht stärker als die der Mädchen positiv beeinflusst. Dennoch gleicht die Ausprägung der Mädchen *nach* dem Versuchstag der Ausprägung der Jungen *vor* dem Versuchstag; wie eine ANOVA zeigt: $F(1, 1465) = 0.1, p = 0.758^{ns}$.

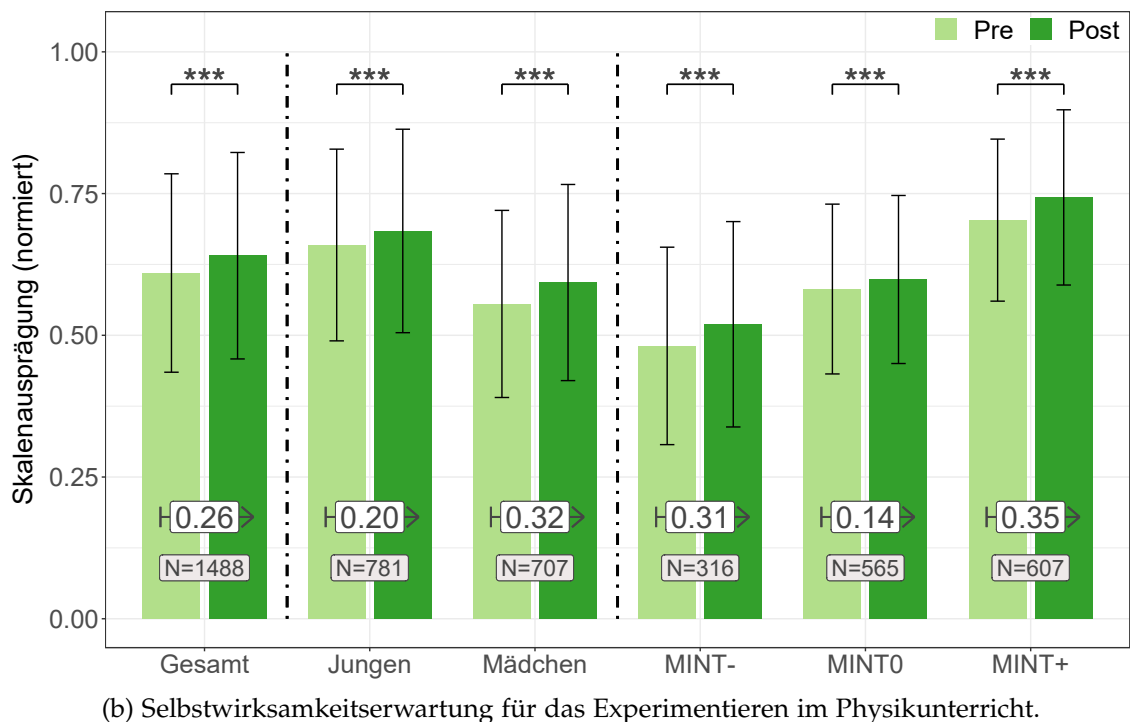
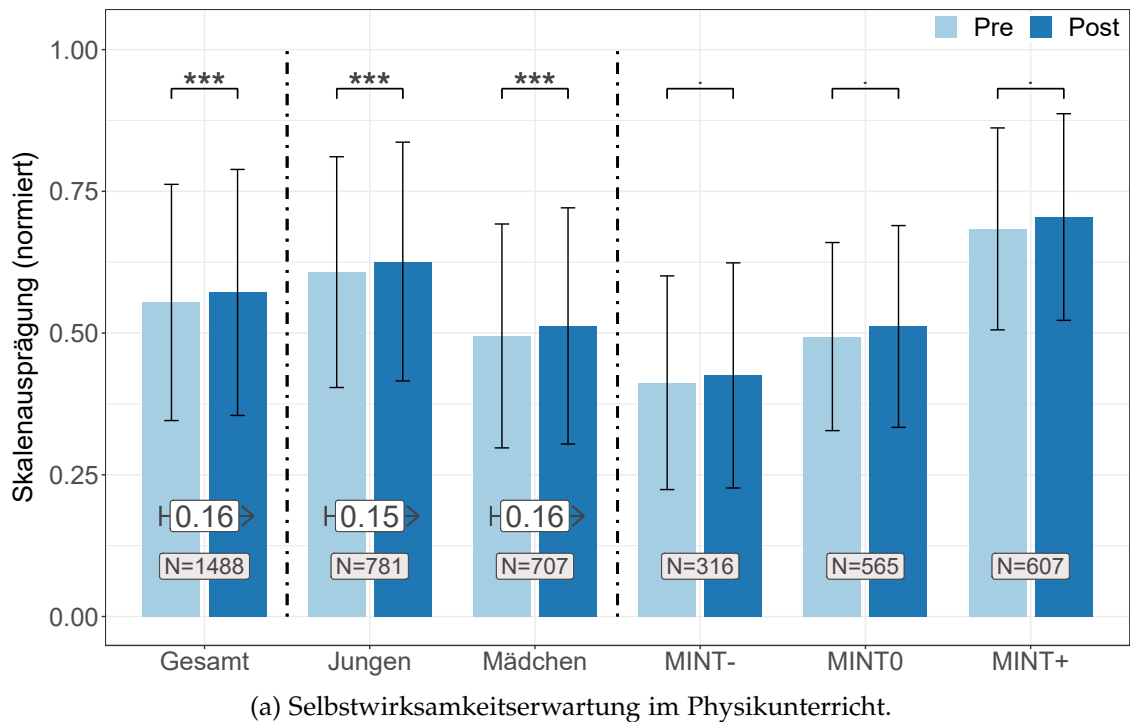


Abb. 62: Mittelwert und Standardabweichung der Selbstwirksamkeitserwartung im Physikunterricht (und speziell für das Experimentieren im Physikunterricht) aus Pre- und Post-Befragung. Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht und Interessentyp). Gekennzeichnet sind Stichprobengr. N , Signifikanzniveau des t -Tests & Cohens d (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; mit Bonferroni-Korrektur).

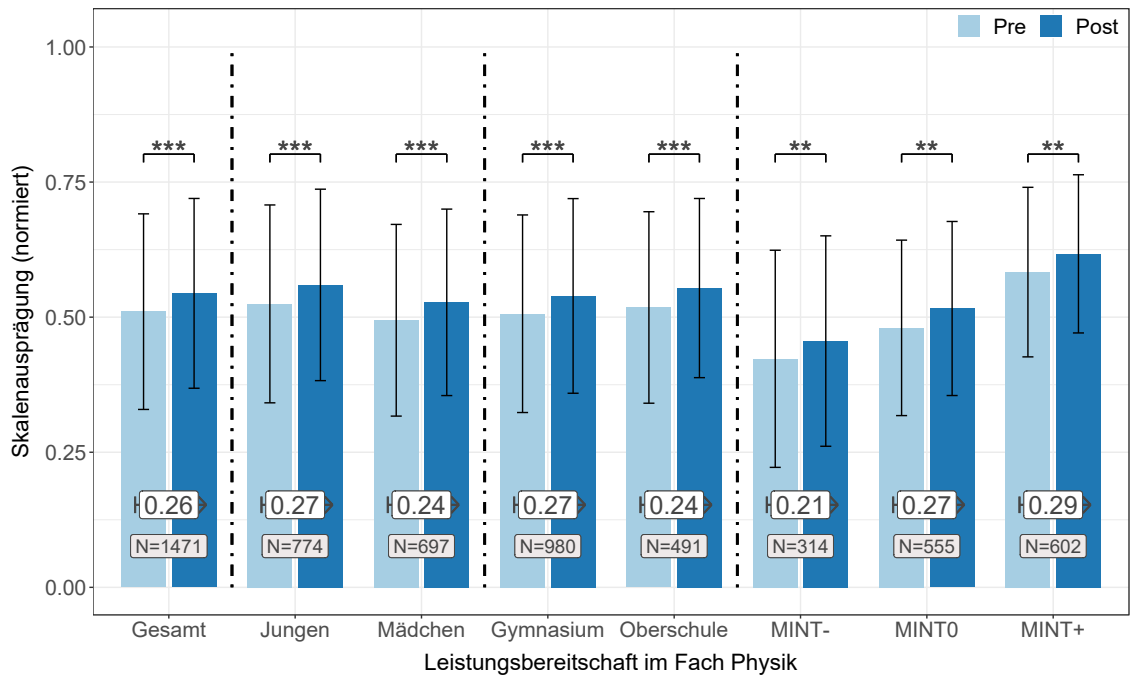


Abb. 63: Mittelwert und Standardabweichung für die Leistungsbereitschaft im Physikunterricht aus Pre- und Post-Befragung. Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Geschlecht, Schultyp und Interessentyp). Gekennzeichnet sind Stichprobengr. N , Signifikanzniveau des t -Tests & Cohens d (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; mit Bonferroni-Korrektur).

8.6.3 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse zu H_4

1. *Selbstwirksamkeitserwartung im Physikunterricht (H_{4a}):* Die SWE im Physikunterricht ist weder besonders niedrig, noch besonders hoch ausgeprägt (speziell für das Experimentieren geringfügig höher). Jungen weisen leicht höhere Ausprägungen auf. Durch den Schülerlaborbesuch wird die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung im Physikunterricht nicht wesentlich beeinflusst; jedoch ergeben sich speziell für das Experimentieren im Physikunterricht kleine positive Effekte; die besonders groß für Mädchen und für wenig sowie hoch naturwissenschaftlich interessierte Schüler ausfallen.
2. *Leistungsbereitschaft im Physikunterricht (H_{4b}):* Der Schülerlaborbesuch hat eine positive Wirkung auf die Leistungsbereitschaft im Fach Physik.

Die Hypothese H_4 kann somit bestätigt werden.

8.7 HYPOTHESE 5: EINSTELLUNGEN UND VORSTELLUNGEN DER LERNENDEN ZU RADIOAKTIVITÄT

Diese Hypothese ergibt sich aus den Rahmenbedingungen der Untersuchung. Sie stellt keine Replikation dar, sondern steht für sich selbst und prüft inwiefern es der Experimentiertag schafft, die Einstellungen und Vorstellungen der Lernenden zu Radioaktivität und Strahlung zu verändern. Damit wird die Untersuchung um einen fachlich spezifischen kognitiven Aspekt erweitert.

H5 Der Schülerlaborbesuch am Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ verbessert die Einstellungen und Vorstellungen der Lernenden zu Radioaktivität und Strahlung.

Die Auswertung dieser Hypothese erfolgt auf der Grundlage von Einzelitems, die sich in fünf Kategorien bzw. Aspekte einteilen lassen:

1. Interesse an der Thematik Radioaktivität
2. Argumentationsfähigkeit und mediale Wahrnehmung
3. (Fehl-)Vorstellungen
4. Angst vor Strahlung
5. Irrationale Angst / Abneigung gegenüber Radioaktivität

Alle Items wurden durch eine 5-stufige Likert-Skala in der Pre- und Post-Befragung erhoben. Für jedes Item wird im Folgenden die Verteilung gezeigt. Die exakte Angabe der Verteilung erlaubt genauere Analysen, als dies Mittel- bzw. Medianwerte zulassen würden. Zusätzlich ist im Falle eines signifikanten Unterschieds (t -Test) von Pre- und Post-Erhebung das Signifikanzniveau und das Effektstärkemaß Cohens d angegeben.

8.7.1 *Interesse an der Thematik*

Wie aus [Abb. 64](#) deutlich hervorgeht, haben die meisten Schüler Interesse an der Thematik „Radioaktivität und Strahlung“ und möchten mehr über die Wirkung von Strahlung im Körper erfahren. Nur 9% gaben an, sich nicht dafür zu interessieren. Der größere Teil der Schüler erkennt zudem, dass das Thema Endlager von Bedeutung für das persönliche Leben ist (40%) und hat Interesse an der Debatte über den Atomausstieg (48%).

Durch den Laborbesuch wird das Interesse an der Thematik sogar noch verstärkt (wenn auch nur sehr gering: $d = 0.08^{**}$), die Bedeutung von Endlagerung wird hervorgehoben ($d = 0.33^{***}$). Die Wissbegierde zur Wirkung von Strahlung im menschlichen Körper nimmt hingegen leicht ab ($d = 0.14^{***}$), was vermutlich daran liegt, dass der Experimentiertag diesen „Wissensdurst“ schon gestillt hat. Dies ist also nicht negativ zu interpretieren. Das Interesse an der Debatte über den Atomausstieg bleibt auf gleichem Niveau.

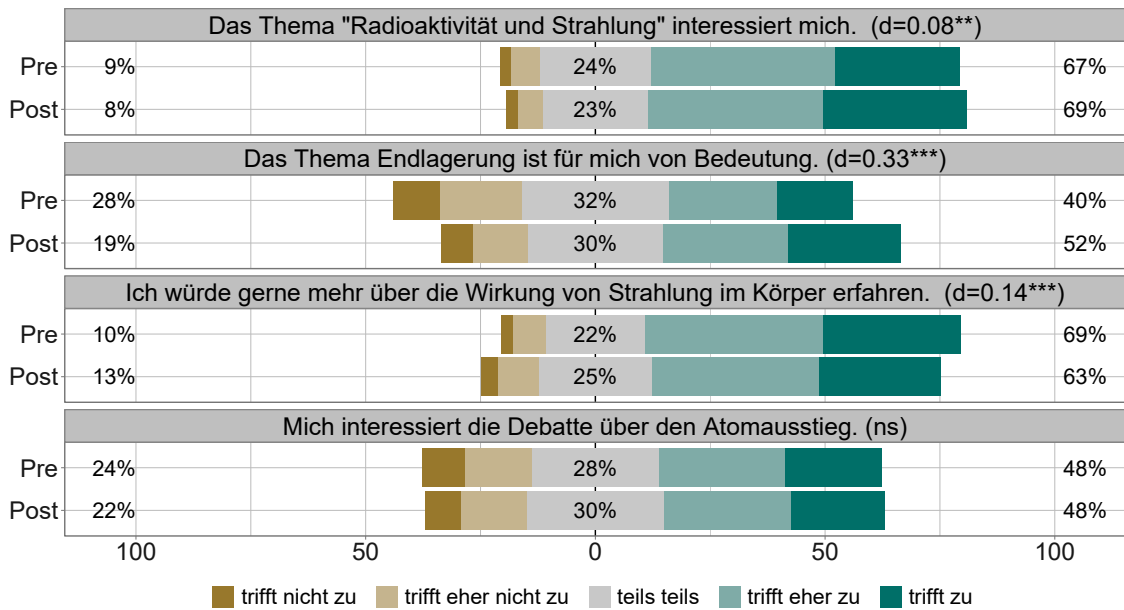


Abb. 64: **Interesse der Schüler an Radioaktivität und Strahlung** – Verteilung der Antwortkategorien für die Items; gekennzeichnet ist zusätzlich der Anteil in Prozent für Ablehnung / Unsicherheit / Zustimmung der Aussage (von links nach rechts), sowie das Effektstärkemaß Cohens *d* mit Signifikanzniveau des *t*-Tests in Klammern (**p*<0.05, ***p*<0.01, ****p*<0.001).

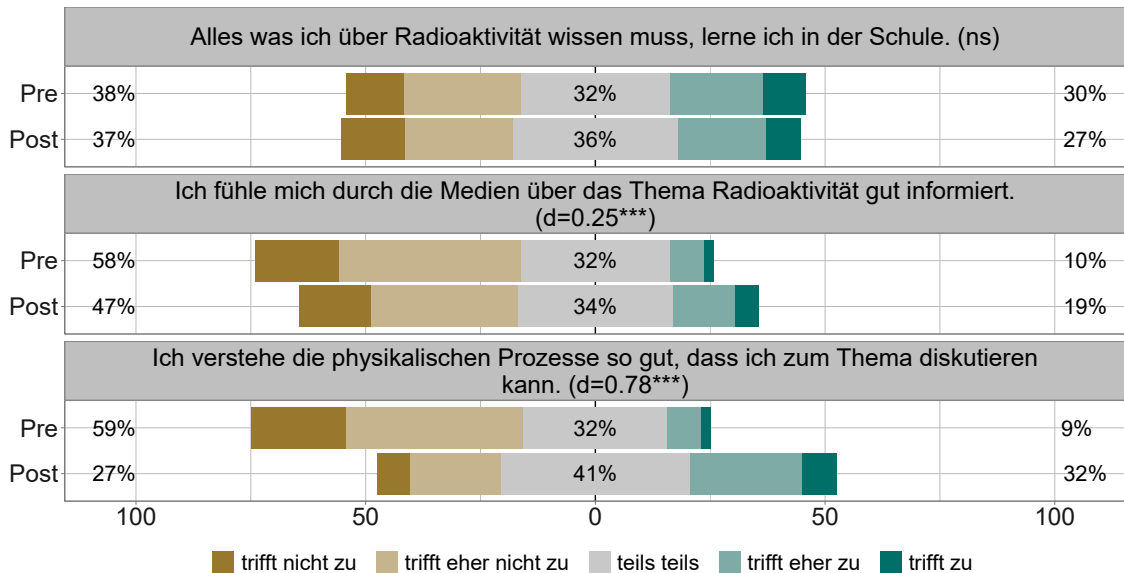


Abb. 65: **Argumentationsfähigkeit der Schüler zu Radioaktivität und Strahlung** – Verteilung der Antwortkategorien für die Items; gekennzeichnet ist zusätzlich der Anteil in Prozent für Ablehnung / Unsicherheit / Zustimmung der Aussage (von links nach rechts), sowie das Effektstärkemaß Cohens *d* mit Signifikanzniveau des *t*-Tests in Klammern (**p*<0.05, ***p*<0.01, ****p*<0.001).

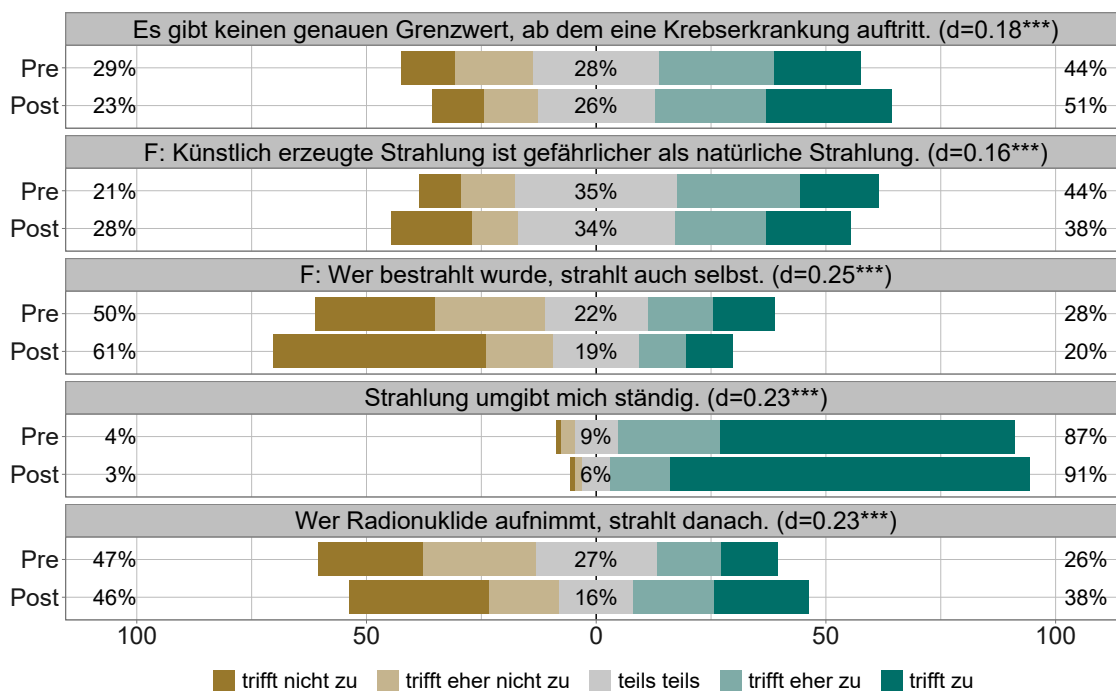


Abb. 66: **Vorstellungen und Fehlvorstellungen der Schüler zu Radioaktivität und Strahlung** – Verteilung der Antwortkategorien für die Items; gekennzeichnet ist zusätzlich der Anteil in Prozent für Ablehnung / Unsicherheit / Zustimmung der Aussage (von links nach rechts), sowie das Effektstärkemaß Cohens d mit Signifikanzniveau des t -Tests in Klammern (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

8.7.2 Argumentationsfähigkeit und mediale Wahrnehmung

Abb. 65 zeigt, dass die Schüler recht unsicher sind, wenn es um Fach- bzw. Streitgespräche zum Thema Radioaktivität und Strahlung geht. Nur 9% der Schüler sagen von sich selbst, dass sie die physikalischen Prozesse gut genug verstehen, um dazu diskutieren zu können. Über die Medien fühlen sich die meisten Schüler ebenfalls nicht gut informiert (58%). Für die Schule zeigt sich ein besseres, aber immer noch disparates Bild: Zu etwa gleich großen Teilen fühlen sich Schüler von der Schule zur Thematik gut vorbereitet (30%), schlecht vorbereitet (38%) oder sind sich unschlüssig (32%).

Der Experimentiertag hat mit $d = 0.78^{***}$ nach Cohen (1992) einen *großen Effekt* auf das Verständnis der Thematik und die wahrgenommene eigene Argumentationsfähigkeit. Zudem ändert sich die Wahrnehmung der Informationen aus den Medien zu Thematik in positiver Richtung ($d = 0.25^{***}$), auch wenn ein großer Teil (47%) auch nach dem Experimentiertag noch kritisch den Medien gegenüber steht.

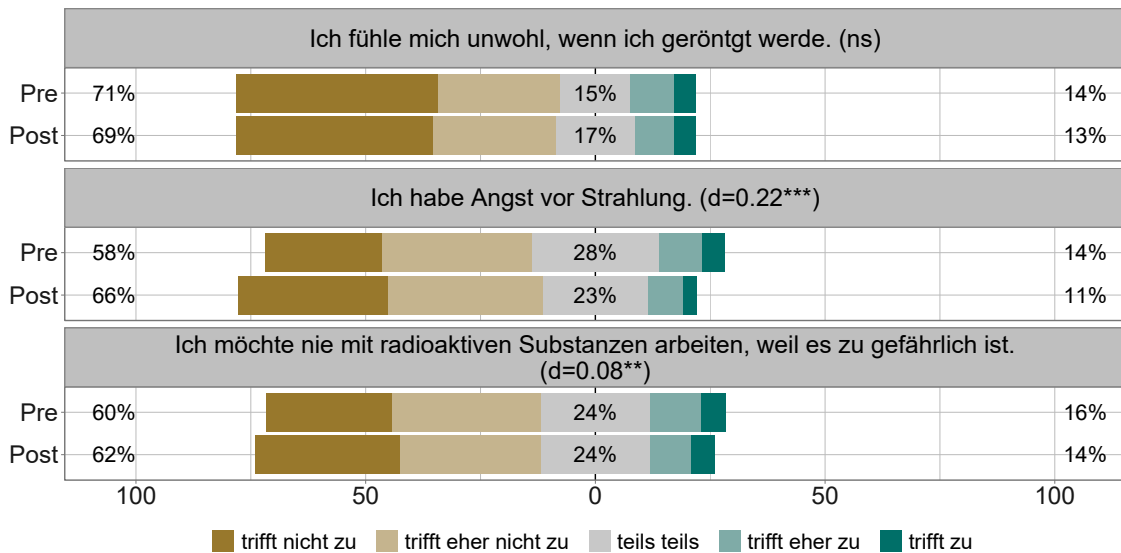


Abb. 67: **Angst der Schüler vor Radioaktivität und Strahlung** – Verteilung der Antwortkategorien für die Items; gekennzeichnet ist zusätzlich der Anteil in Prozent für Ablehnung / Unsicherheit / Zustimmung der Aussage (von links nach rechts), sowie das Effektstärkemaß Cohens d mit Signifikanzniveau des t -Tests in Klammern (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

8.7.3 Vorstellungen und Fehlvorstellungen

Die *Fehlvorstellungen* zum Thema Radioaktivität und Strahlung sind in [Abb. 66](#) durch ein „F:“ vor der Aussage gekennzeichnet – idealerweise sollten diese abgelehnt werden (der Balken in der Abbildung also nach links gerichtet sein).

Die Abb. zeigt, dass sich die Schüler durchaus bewusst sind, dass Menschen permanent von Strahlung umgeben sind. Es geht jedoch ebenfalls eine große Unsicherheit der Schüler zu Vorstellungen von Radioaktivität und Strahlung daraus hervor. So ist der Anteil von unentschlossenen Schülern (Antwort „teils teils“) recht gering, während die klare Mehrheit in die ein oder andere Richtung tendiert. Die meisten Schüler erkennen, dass es keinen genauen Grenzwert gibt, ab dem eine Krebserkrankung auftritt; allerdings haben auch die meisten Schüler die Fehlvorstellung (oder sind unentschieden), künstliche Strahlung sei gefährlicher als natürliche Strahlung. Auch bzgl. der „Verstrahlung“ herrscht große Unsicherheit – so erkennen zwar ein großer Teil der Schüler, dass Bestrahlung nicht heißt, dass man danach selbst strahlt; in ungefähr gleichem Maße wird aber auch die eigene Strahlung nach Inkorporation von Radionukliden abgelehnt.

Insgesamt zeigt sich also eine große Unsicherheit im Umgang mit Begriffen und Konzepten von Radioaktivität und Strahlung. Erfreulich ist, dass der Experimentiertag auf diese (Fehl-)Vorstellungen mit Effektstärken zwischen $d = 0.16$ und $d = 0.25$ einen messbaren Einfluss hat. Richtige Vorstellungen werden gestärkt und Fehlvorstellungen abgebaut.

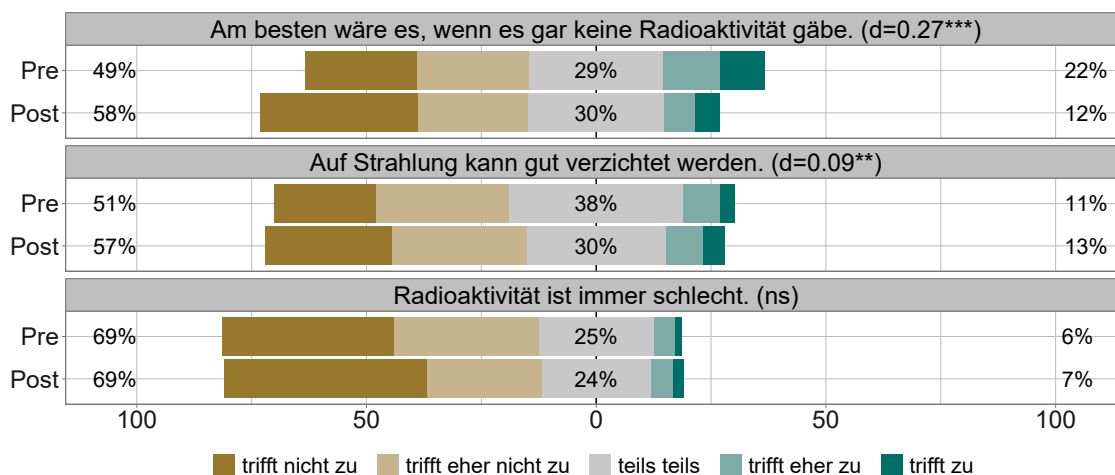


Abb. 68: **Abneigung von Radioaktivität und Strahlung** – Verteilung der Antwortkategorien für die Items; gekennzeichnet ist zusätzlich der Anteil in Prozent für Ablehnung / Unsicherheit / Zustimmung der Aussage (von links nach rechts), sowie das Effektstärkemaß Cohens d mit Signifikanzniveau des t -Tests in Klammern (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

8.7.4 Angst vor Strahlung

Wie aus [Abb. 67](#) hervorgeht, haben die meisten Schüler keine Angst vor Strahlung (71%) und fühlen sich auch nicht unwohl, wenn sie geröntgt werden (58%). Auch vor der Arbeit mit radioaktiven Substanzen schrecken sie nicht zurück.

Durch den Laborbesuch wird die ohnehin schon gering ausgeprägte Berührungsangst weiter abgebaut ($d = 0.22^{***}$ für Item 2 bzw. $d = 0.08^{**}$ für Item 3 in der [Abb.](#)).

8.7.5 Abneigung gegenüber Radioaktivität

[Abb. 68](#) zeigt deutlich, dass die meisten Schüler keine Abneigung gegenüber Strahlung haben. Nur ca. 10% der Schüler sind der Meinung, dass Radioaktivität keinen Nutzen hat, immer schlecht ist und gut darauf verzichtet werden kann. Immerhin 22% sind der Meinung, dass es am besten wäre, wenn es gar keine Strahlung gäbe. Insgesamt zeigt dies aber, dass Radioaktivität und ionisierende Strahlung in den Köpfen der Schüler nicht „verteufelt“, sondern der Nutzen durchaus erkannt wird.

Positiv ist, dass durch den Laborbesuch evtl. Vorbehalte gegenüber Radioaktivität weiter abgebaut ($d = 0.27^{***}$ für Item 1 bzw. $d = 0.09^{**}$ für Item 2 in der [Abb.](#)) und somit die Vorteile von ionisierender Strahlung hervorgehoben werden können.

8.7.6 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse zu H_5

1. *Interesse*: Die überwiegende Mehrheit der Schüler hat Interesse an der Thematik „Radioaktivität und Strahlung“ und möchte mehr über die Wirkung von Strahlung im Körper erfahren. Durch den Laborbesuch wird dieses Interesse sogar noch verstärkt.
2. *Argumentationsfähigkeit*: Die Schüler fühlen sich durch Schule und Medien nicht gut genug vorbereitet, um Fach- bzw. Streitgespräche zum Thema Radioaktivität und Strahlung zu führen. Der Experimentiertag hat einen großen Einfluss auf das Verständnis der Thematik und die wahrgenommene eigene Argumentationsfähigkeit.
3. *Fehlvorstellungen*: Es zeigte sich eine große Unsicherheit im Umgang mit Begriffen und Konzepten von Radioaktivität und Strahlung. Der Experimentiertag wirkt aber erfreulicherweise dieser Unsicherheit entgegen: richtige Vorstellungen werden gestärkt und Fehlvorstellungen abgebaut.
4. *Angst*: Die überwiegende Mehrheit der Schüler hat keine unangemessene Berührungsangst vor Strahlung. Durch den Laborbesuch werden evtl. vorhandene Bedenken sogar noch weiter abgebaut.
5. *Abneigung*: Die meisten Schüler hegen keine Abneigung gegenüber Radioaktivität und erkennen den Nutzen von ionisierender Strahlung. Durch den Laborbesuch werden die Vorbehalte gegenüber Radioaktivität weiter verringert.

Auch die letzte Hypothese H_5 kann somit bestätigt werden. Der Schülerlaborbesuch am Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ beeinflusst die Einstellungen und Vorstellungen der Lernenden zu Radioaktivität und Strahlung in positiver Weise.

8.8 FORSCHUNGSFRAGE – TEIL A: BETREUERMERKMALE & ZIELVARIABLEN

FFa Gibt es einen direkten Zusammenhang zwischen prof. Handlungskompetenz von Betreuenden (Professionswissen, Werthaltungen, Motivation und Selbstregulation, soziale Kompetenz) und den Zielvariablen von Schülerlaboren (Interesse, Image und Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf Physik und Naturwissenschaften)?

Die Forschungsfrage dieser Studie untersucht das Zusammenspiel von *professioneller Handlungskompetenz der Betreuenden*, der von Lernenden wahrgenommenen *Qualität der Betreuung* während des Laborbesuchs und den *Zielvariablen von Schülerlaboren*. FFa beleuchtet den Zusammenhang zwischen den Betreuermerkmalen (also von Aspekten professioneller Handlungskompetenz von Betreuenden) und den Zielvariablen von Schülerlaboren.

Im Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2015) (Abb. 15 in Kapitel 3, Seite 50) fehlt diese direkte Verbindung von Lehrermerkmalen (Aspekte prof. Handlungskompetenz von Lehrern) zu den Zielvariablen, die Schulerfolg definieren. Interessant ist nun zu analysieren, inwiefern sich Zusammenhänge im Kontext Schülerlabor ergeben.

8.8.1 Methodik und Variablen

METHODE Methodisch erfolgt die Untersuchung der Zusammenhänge durch die *Mehrebenenanalyse* (engl. „Multi-Level-Modeling“, kurz MLA; vgl. Kapitel 6). Die hierarchische Strukturierung der Stichprobe ist oben dargestellt (Abschnitt 8.1 auf Seite 191). Ebene 1 bilden die *Schüler*. Diese können eindeutig einer bestimmten *Gruppe* zugeordnet werden, in der sie den Experimentiertag zusammen erlebt haben (Ebene 2). Die Gruppen wiederum werden am Experimentiertag nur von einem *Betreuer* angeleitet (Ebene 3). Ein *Betreuer* hat im Verlaufe der Erhebung also mehrere *Gruppen* betreut, die sich aus jeweils 4 bis max. 10 *Schülern* zusammensetzen.

VARIABLENÜBERSICHT Im Zuge der weiteren Analysen ist es hilfreich, die zu untersuchenden abhängigen und unabhängigen Variablen (AV & UV) gegenüberzustellen. Dabei ist der Einfluss der *Prädiktoren* (UV) jeweils auf jede *Zielvariable* (AV) einzeln zu prüfen; also für jede AV eine eigene Modellserie mehrebenenanalytisch zu entwickeln und zu prüfen. Tab. 87 stellt alle UV (Prädiktoren, Kontrollvariablen) und AV gegenüber, die für die Beantwortung von FFa bedeutsam sind.

MODELLIERUNGSREIHENFOLGE Geprüft wird der Einfluss auf das aktuelle Interesse, das Fach- bzw. Sachinteresse an Physik, das Image von Physik als Unterrichtsfach und als Wissenschaft, sowie die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) im Fach Physik und speziell für das Experimentieren jeweils in eigenen

Modellserien. Das einer AV zugeordnete Modell ist dabei mit einem Buchstaben abgekürzt; dieser Buchstabe steht in Tab. 87 jeweils ganz links vor dem Kürzel der AV.

Für jedes Modell einer AV sind nun für die Kontroll- und die Prädiktorvariablen (UV) jeweils eigene *Modellserien* zu prüfen (schrittweise Entwicklung der Modelle). Die Reihenfolge, in der die UV in das Modell aufgenommen werden, ist ebenfalls aus Tab. 87 ablesbar: Analog zum Buchstaben des Modells stehen vor den Kontroll- und Prädiktorvariablen (UV) *Ziffern*, die die Reihenfolge angeben, in der die Variablen in das Modell aufgenommen werden. Beispielsweise prüft die Modellserie G5 den Einfluss des Professionswissens der Betreuer (FW & FDW) auf das Image der Wissenschaft Physik bei den Lernenden.

Die Variablen werden in der nachfolgend geschilderten Reihenfolge in das Modell aufgenommen:

1. Den Ausgangspunkt der Modellentwicklungen für alle Modellserien stellt die Ermittlung der Verteilung der Varianzanteile auf die drei Ebenen durch das *Nullmodell* dar (Modellnummer 0).
2. In einem nächsten Schritt wird dann zunächst der vermutlich größte Einfluss auf die Zielvariablen geprüft: die Ausprägung der zu untersuchenden Variable im *Pre-Fragebogen* (Kontrollvariable; Modellnummer 1). Da das aktuelle Interesse nur im *Post-Fragebogen* erhoben wird, entfällt der Einbezug einer *Pre-Ausprägung*. Als „Ersatz“-Kontrollvariable für das aktuelle Interesse wird daher das *Fachinteresse an Physik* herangezogen.
3. Anzunehmen ist, dass die *Leistung im Fach Physik* bzw. auch die *Schulart* (Oberschule bzw. Gymnasium) einen Einfluss auf die Zielvariablen hat. Daher werden die Physik-Schulnote der Schüler und die Schulart als Kontrollvariablen modelliert (Modellnummer 2).
4. Aus vorangegangenen Studien zu Schülerlaboren, sowie den in dieser Arbeit geprüften Replikationshypothesen H1 bis H4 geht hervor, dass der Laborbesuch je nach *Geschlecht* und *Interessentyp* unterschiedlich wahrgenommen wird (Pawek, 2009; Streller, 2015; Weßnigk, 2013). Daher ist die Modellierung der (Dummy-)Kontrollvariablen *Geschlecht* und *Interessentyp* (vgl. FFo in Abschnitt 8.2; Seite 193) empfehlenswert (Modellnummer 3).
5. Für den Schulerfolg sind – neben fachlichen Aspekten – auch sozial-emotionale Unterrichtsmerkmale von großer Bedeutung (Reinders, Ditton, Gräsel & Gniewosz, 2015). Eine gute Lehrer-Schüler-Beziehung hängt eng mit der intrinsischen Lernmotivation und -bereitschaft und des Selbstvertrauens der Schüler zusammen (Duit et al., 2013; Gold, 2015). Daher soll als erster potentieller Prädiktor die *Betreuer-Schüler-Beziehung* auf Signifikanz untersucht werden (Modellnummer 4).
6. Die Bedeutung der *professionellen Handlungskompetenz* von Lehrern (Professionswissen, Überzeugungen und Werthaltungen, motivationale Orientierungen, Selbstregulation) für den Schul- und Lernerfolg ist ausführlich in

Kapitel 3 (Seite 25 ff.) dargelegt. Die Prüfung des Einflusses der professionellen Handlungskompetenz (der Betreuer) auf die Zielvariablen des Schülerlaborbesuchs stellt den Kern von **FFa** dar. Daher wird in der Modellnummer 5 zunächst das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen der Betreuer modelliert (Professionswissen). Es folgen die Überzeugungen (Modellnummer 6), die motivationalen Orientierungen (7) und die selbstregulativen Fähigkeiten der Betreuer (8).

Da sich die Wirkung von Schülerlaborbesuchen je nach Interessentyp unterscheidet, ist anzunehmen, dass der Effekt des Professionswissens von der Interessenlage der Schüler abhängt. So ist beispielsweise denkbar, dass stark interessierte Schüler auch schon über ein höheres Wissen zur Thematik verfügen und somit in geringerem Maße als vergleichsweise wenig interessierte Schüler profitieren. Analog liegt die Vermutung nahe, dass die Effekte des Laborbesuchs bei wenig interessierten Schüler besonders hoch ausfallen, wenn diese von einem Betreuer mit großer fachdidaktischer Kenntnis angeleitet werden. Aus diesem Grund werden für das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen (Modellnummer 5) zusätzlich Interaktionseffekte bzgl. der *Interessentypen* (MINT^{+|0|-}) geprüft (in **Tab. 87** durch * gekennzeichnet).

7. Abschließend ist es denkbar, dass gerade in Anbetracht der relativ kurzen Dauer des Laborbesuchs die *wahrgenommene soziale Kompetenz* der Betreuer einen wichtigen Prädiktor für die Zielvariablen darstellt. So wie die Wahrnehmung von sozialer Eingebundenheit, eigener Kompetenz und Autonomie nach Deci und Ryan (2000) die Grundlage für das Entstehen intrinsischer Motivation darstellt, könnte auch die soziale Kompetenz der Betreuer im Kontext der Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen bedeutsam werden. Daher soll die (wahrgenommene) soziale Kompetenz der Betreuer als letzter potentieller Prädiktor geprüft werden (Modellnummer 9).

In der Tabelle ist stets mit angegeben, wie die jeweilige Variable erhoben wurde. Die meisten Konstrukte wurden über Likert-Skalen erhoben. Im Falle der *wahrgenommenen sozialen Kompetenz der Betreuer* erfolgte die Erfassung mit einem Wort-Cluster. Die Schüler kreisen die Eigenschaften an, die sie dem jeweiligen Betreuer am Experimentiertag zuweisen würden. Jeweils vier Wörter beschreiben im Post-Fragebogen eine von vier Ausprägungen des Inventars sozialer Kompetenzen nach Kanning (2009) (Soziale Orientierung, Reflexibilität, Offensivität und Selbststeuerung). Ein eingekreistes Wort wurde mit 1 kodiert, eine fehlende Markierung mit 0. Die Ausprägung der jeweiligen Ausprägung erfolgte durch Berechnung des arithmetischen Mittels (Wertebereich 0 bis 1).

Die in **FFa** genannten *Betreuermerkmale* beziehen sich hauptsächlich auf die Aspekte professioneller Handlungskompetenz von Betreuenden nach Baumert und Kunter (2006) – also das Professionswissen (FW, FDW & PW), Werthaltungen, motivationale Orientierungen, sowie die Fähigkeit zur Selbstregulation.

Mithilfe des Professionswissenstest (To) für Betreuer wird das FW und das FDW erfasst; der Fragebogen für Betreuende erhebt Werthaltungen, motivationale Orientierungen und Selbstregulation durch Skalen, die der in **Kapitel 5** dargeleg-

Tab. 87: Variablenübersicht zu FFa.

#	KÜRZEL	BEZEICHNUNG	ERHEB.	N	\bar{x}	sd
ABHÄNGIGE VARIABLEN (JEWEILS POST-FRAGEBOGEN)						
A	AlntEm	Aktuelles Interesse – emotionale Komp.	5L3	1482	3.11	0.79
B	AlntW	Aktuelles Interesse – wertebez. Komp.	5L3	1482	2.97	0.78
C	AlntEp	Aktuelles Interesse – epistem. Komp.	5L4	1482	2.14	0.83
D	DIntSPh	Sachinteresse Physik	5L4	1471	1.65	0.97
E	DIntFPh	Fachinteresse Physik	5L4	1471	2.21	0.96
F	ImgFPh	Image des Fachs Physik	6L4	1476	3.34	0.91
G	ImgWPh	Image der Wissenschaft Physik	6L4	1476	4.04	0.77
H	SWEPh	Selbstwirksamkeitserw. im Fach Physik	5L4	1467	2.29	0.88
I	SWEEExp	SWE Experimentieren im Fach Physik	5L4	1467	2.56	0.73
KONTROLLVARIABLEN						
1	Pre-Score	jeweils die Ausprägung der AV im Pre-Fragebogen (wenn erhoben).				
2	NotePh	Schulnote im Fach Physik	nom.	1477	2.55	0.89
	SArt	Schulart (Dummy-Variable)	nom.	1940	–	–
3	Geschl	Schüler-Geschlecht (Dummy-Variable)	nom.	1490	–	–
	Typ	Interessentyp (MINT ^{+ o} -; Dummy-V.)	LCA	1940	–	–
PRÄDIKTOREN (BEZOGEN AUF DEN BETREUER)						
4	BSB	Betreuer-Schüler-Beziehung	5L6	1473	3.44	0.58
5	FW*	Fachwissen	Test	13	0.66	0.18
	FDW*	Fachdidaktisches Wissen	Test	13	0.69	0.11
6	WNM	Aufgeschlossenheit für neue Methoden	5L6	13	2.26	0.5
	WSO	Schülerorientierung bei Exp.	5L6	13	2.43	0.55
7	MSP	SWE Physik zu lehren	5L7	13	2.28	0.27
	MEN	Enthusiasmus für Naturwissenschaften	5L8	13	2.69	0.46
8	RZ	Zielstrebigkeit	5L5	13	3.06	0.43
	RD	Distanzierungsfähigkeit	5L5	13	2.92	0.36
9	SK	Wahrgenommene soziale Kompetenz				
	SKSO	Soziale Orientierung	wc	1469	0.68	0.25
	SKOff	Offensivität	wc	1469	0.35	0.27
	SKSS	Selbststeuerung	wc	1469	0.61	0.28
	SKRef	Reflexibilität	wc	1469	0.47	0.26

mLn: *m*-stufige Likert-Skala mit *n* Items (Wertebereich von 0 bis *m* – 1), *nom.*: nominal, *wc*: Wort-Cluster, *N*: Stichprobenumfang, \bar{x} : Mittelwert, *sd*: Standardabweichung, *Bei diesen Variablen Untersuchung von Interaktionseffekten mit Interessentyp.

ten Operationalisierung entsprechen. Für FFa wurden nun anhand theoretischer Überlegungen (Kapitel 2 & 3) Konstrukte ausgewählt, für die ein Zusammenhang

mit den Zielvariablen (AV) plausibel sind. Ausgewählt wurden diese Konstrukte (die sich daher auch in [Tab. 87](#) wiederfinden):

- *Überzeugungen und Werthaltungen* der Betreuer durch die Skalen WNM: *Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Methoden* (Beispielitem: „Im Physikunterricht bringt Einzelarbeit mehr als andere Methoden (wie z.B. Gruppenpuzzle).“ – invers kodiert) und WSO: *Schülerorientierung beim Experimentieren im Physikunterricht* (Beispielitem: „Schüler sollten Experimente selbst planen und durchführen.“),
- *Motivationale Orientierungen* durch die Skalen MSP: *Selbstwirksamkeitserwartung Physik gut lehren zu können* (Beispielitem: „Ich habe keine Probleme auf die physikalischen Fragen von Schülern zu antworten.“) und MEN: *Enthusiasmus für Naturwissenschaften* (Beispielitem: „Ich liebe es, in der Zeitung etwas über naturwissenschaftliche Themen zu lesen.“), sowie
- *Fähigkeiten professioneller Selbstregulation* durch die Skalen RZ: *Zielstrebigkeit* (Beispielitem: „Ich behalte mein Ziel im Auge und lasse mich nicht vom Weg abbringen.“) und RP: *Distanzierungsfähigkeit* (Beispielitem: „Wenn störende Gedanken auftreten, kann ich sie nur schwer von mir weg schieben.“ – invers kodiert).

Alle der hier gewählten repräsentativen Skalen wurden zudem im Hinblick auf deren *Reliabilität* ausgewählt. Jede Skala weist einen Reliabilität-Kennwert (Cronbachs α) auf, der innerhalb des jeweiligen Aspekts prof. Handlungskompetenz (z.B. motivationale Orientierungen) zu den höchsten gehört; für alle Skalen gilt dabei immer $\alpha \geq 0.75$ (vgl. [Kapitel 7](#), [Tab. 71](#) auf [Seite 181](#)).

8.8.2 Vorgehensweise

Für jede in [Tab. 87](#) aufgelistete AV ist der Einfluss der Prädiktoren jeweils in eigenen Modellserien zu prüfen. So meint z.B. die Modellserie C die (schrittweise) Prüfung des Einfluss der in [Tab. 87](#) angeführten Kontrollvariablen und Prädiktoren (in der gegebenen Reihenfolge) auf die *epistemische Komponente des aktuellen Interesses* (Kürzel C in der Tabelle).

Das Vorgehen ist dabei für alle Modellserien (A bis I) identisch:

1. Wie in [Kapitel 6](#) ausführlich beschrieben, beginnt die Mehrebenenanalyse mit der *Überprüfung der Verteilung der Varianzanteile* der abhängigen Variablen auf die einzelnen Ebenen durch Formulierung des *Nullmodells* (welches noch keine Kontrollvariablen oder Prädiktoren enthält). Dazu wird die *Intraklassenkorrelation ICC* herangezogen, die für jede Ebene den Anteil erklärbarer Varianz an der Gesamtvarianz beschreibt. Dieser erste Schritt ist für alle dieser Forschungsfrage zugeordneten AV (Modelle A₀, B₀, ..., I₀) übersichtlich nebeneinander dargestellt ([Abschnitt 8.8.3](#)). So kann die Verteilung der Varianzanteile für alle Zielvariablen direkt verglichen werden. Dabei ist die Ebenenstruktur theoretisch begründbar und ergibt sich aus

dem Forschungsinteresse und somit der hierarchischen Strukturierung der Stichprobe. Somit wird die Ebenenstruktur auch dann beibehalten, wenn nur geringe Varianz auf eine bestimmte Ebene entfällt.

2. Im Anschluss daran erfolgt die *schrittweise Modellentwicklung* separat für jede AV (in eigenen Modellserien A bis I). Die Reihenfolge, in der die UV in das Modell aufgenommen werden, wird von der Ziffer vor den Kontroll- und Prädiktorvariablen (UV) in [Tab. 87](#) angegeben.

Zunächst werden nur die *Kontrollvariablen* (Modellnummern 1, 2 & 3) aufgenommen und auf Signifikanz untersucht (feste und zufällige Effekte).

3. Die weitere Entwicklung des Modells erfolgt schritthaft, indem zunächst nur ein *Prädiktor* in das Modell aufgenommen und im Sinne eines *Haupteffektes* (*fester Effekt*) auf Signifikanz untersucht wird. Zeigt der Prädiktor Signifikanz, so bleibt er im Modell enthalten, sonst wird er entfernt. Dabei erfolgt stets die Angabe der *unstandardisierten Regressionsgewichte*.

Ist der Prädiktor im Sinne eines Haupteffektes (fester Effekt) signifikant, erfolgt zusätzlich die Prüfung, ob der Effekt zwischen den Ebene-2- bzw. Ebene-3-Einheiten (also zwischen den Gruppen bzw. den Betreuern) variiert (*zufällige Effekte*).

Der *Modellvergleich* erfolgt wie in [Kapitel 6](#) erläutert mittels χ^2 -Teststatistik, sowie anhand bestimmter *Kennwerte*; wobei gilt: Die Veränderung der *Devianz D* sollte mindestens dem Doppelten der Differenz der Freiheitsgrade entsprechen (Kreft & De Leeuw, 1999), ein kleinerer *AIC* bzw. *BIC* ist zu bevorzugen (Skarke, 2017).

Kategoriale Variablen (Schulart, Geschlecht und Interessentyp) werden als *Dummy-Variablen* in das Modell aufgenommen, wobei die Kodierung 0: Oberschule und 1: Gymnasium (*Schulart*); 0: männlich, 1: weiblich (*Geschlecht*) bzw. 0: MINT⁰ und 1: MINT⁻ bzw. 1':MINT⁺ (*Interessentyp*) angewandt wird. Die „Baseline“ bezieht sich damit also auf einen *männlichen* Schüler an einer *Oberschule* des Interessentyps MINT⁰. Der Regressionskoeffizient β einer bestimmten kategorialen Variable gibt dann stets den Effekt bezogen auf diese Baseline an; also den Effekt der im Vergleich zu dieser Referenzvariablen (0) als Eins (1 bzw. 1') kodierten Ausprägung (z.B. bezogen auf das weibliche Geschlecht bzw. den Interessentyp MINT⁺).

4. Danach wird der nächste Prädiktor in das Modell eingeführt und entsprechend geprüft. Dieses Vorgehen wird als „step up“-Modellierung bezeichnet und meint die schrittweise Erweiterung des Modells auf Grundlage funktionierender Submodelle. Die Reihenfolge entspricht dabei weiter den Ziffern in der Variablenübersicht ([Tab. 87](#); Modellnummern 4 bis 9).
5. *Interaktionseffekte* werden für das Professionswissen mit der Variable *Interessentyp* MINT^{+|0|-} geprüft. Die Interaktion ist durch das Zeichen \times zwischen den Prädiktoren dargestellt.

6. So ergibt sich schließlich für jede Modellserie das jeweilige *Gesamtmodell* (A_9 , B_9 , ..., I_9). Für das Gesamtmodell erfolgt nun zur besseren Vergleichbarkeit zusätzlich die Angabe der *standardisierten* Regressionsgewichte.

8.8.3 Varianzverteilung auf die Ebenen (Nullmodell)

Den Ausgangspunkt der Modellentwicklungen für alle Modellserien stellt die Ermittlung der Verteilung der Varianzanteile auf die drei Ebenen durch das *Nullmodell* aller Zielvariablen (AV) dar (Tab. 88). Erwartungsgemäß zeigt sich generell der größte Varianzanteil auf der Individualebene E_1 (Schüler). Etwa ein Zehntel der Varianz lässt sich wiederum durch die Gruppenzugehörigkeit am Experimentiertag erklären (E_2 : Gruppe). Nur wenig Varianz entfällt auf Ebene 3: den Betreuer. Dies mag auf den ersten Blick verwundern oder gar enttäuschend wirken. Dem ist jedoch nicht so, denn: Der Varianzanteil auf Ebene 3 beschreibt die Varianz der AV, die sich durch die *Betreuerzugehörigkeit* ergibt. Die Zielvariablen (also z.B. im Falle von A_0 die emotionale Komponente des aktuellen Interesses) unterscheiden sich demnach nicht sonderlich stark von Betreuer zu Betreuer, etwas stärker von Gruppe zu Gruppe und am stärksten von Schüler zu Schüler. Dies bedeutet jedoch *nicht*, dass die Betreuer *per se* keinen oder wenig *Einfluss* auf die jeweilige Variable haben. Hierzu sind drei Dinge zu beachten:

1. *Outcome & Effekt*: Die in Tab. 88 angegebenen Varianzanteile beziehen sich auf den *Outcome* (der sich nicht stark auf Betreurebene unterscheidet), denkbar ist jedoch, dass die Betreuer durchaus einen *Effekt* die Variable haben – so wie ein guter Lehrer, der eine Klasse mit hoher Varianz im Leistungsstand durch gute Lehrmethoden (Effekt) auf einen *gleich guten* Leistungsstand zu bringen (Outcome mit geringer Varianz).
2. *Absolute & relative Varianz*: Die in Tab. 88 berichteten Varianzanteile beziehen sich jeweils auf die *Gesamtvarianz* (siehe Definition des ICC in Kapitel 6), jedoch nicht auf den Anteil von Varianz, der relativ *zwischen* den Ebenen erklärt wird (also z.B. welcher Anteil der Varianz auf Ebene 2 durch Ebene 3 erklärt werden kann).
3. *Individuum & Gruppe*: Ein Lehrer oder Betreuer wird niemals alle Schüler *in gleichem Maße* für ein Thema begeistern können. So zeigt auch die Gruppierung der Schüler in verschiedene *Interessengruppen* durch latente Klassenanalyse (siehe FFO; Abschnitt 8.2 auf Seite 193) dass der Großteil der Schüler sich nur mäßig bzw. wenig für MINT-Themen interessiert. Selbst wenn ein Betreuer es also schafft, Interesse bei einigen Schülern pro Gruppe hervorzurufen, so wird der Gruppenmittelwert hierdurch dennoch nur leicht verändert werden.

Die Angabe der Modellgüte kann in Mehrebenenanalysen über das zweiteilige Modellgütemaß nach Nakagawa et al. (2017) erfolgen. Das *marginale* R^2 (R_m^2) gibt dabei den Varianzanteil an, der von den festen Effekten erklärt wird ($0 \leq R_m^2 \leq 1$), während das *konditionale* R^2 (R_c^2) als der Varianzanteil interpretiert werden kann,

Tab. 88: Verteilung der Varianzanteile auf die 3 Ebenen (Zufallseffekte des Nullmodells; **FFa**; Angaben in %).

MODELL	Ao	Bo	Co	Do	Eo	Fo	Go	Ho	Io
	AIntEm	AIntW	AIntEp	DIntSPh	DIntFPh	ImgFPh	ImgWPh	SWEPh	SWEExp
EBENE									
E1: Schüler	86.0	87.6	87.9	86.8	80.2	89.8	94.3	86.3	82.8
E2: Gruppe	12.4	10.9	10.5	11.7	17.8	9.8	4.8	11.4	14.0
E3: Betreuer	1.6	1.5	1.6	1.6	2.1	0.4	0.9	2.3	3.2
R_m^2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R_c^2	0.140	0.124	0.121	0.132	0.198	0.102	0.057	0.137	0.172

R_m^2 : Marginales R^2 , R_c^2 : Konditionales R^2 ($0 \leq R_{m|c}^2 \leq 1$).

der durch das Gesamtmodell (mit festen *und* zufälligen Effekten) erklärt wird ($0 \leq R_c^2 \leq 1$). Demzufolge ist die Angabe von R_m^2 für Nullmodelle im Prinzip nicht sinnvoll (da ohne feste Effekte $R_m^2 = 0$); im Sinne des einführenden Charakters dieses Kapitels wird dieses zweiteilige Gütemaß für Mehrebenenanalysen dennoch vollständig angegeben.

Ohne Prädiktoren zeigt sich eine sehr niedrige Güte der Modelle (vgl. **Tab. 88**), d.h. durch die Gruppen- bzw. Betreuerzugehörigkeit (Ebene 2 und 3) allein, kann nur wenig bis sehr wenig Varianz erklärt werden. Daher erfolgt nun die schrittweise Erweiterung der jeweiligen Modelle auf Grundlage funktionierender Submodelle. Die Reihenfolge entspricht dabei den Ziffern in der Variablenübersicht (**Tab. 87**).

8.8.4 Mehrebenenanalyse (Modellserie A: aktuelles Interesse, emotionale Komponente)

Im Folgenden wird geprüft, welchen Einfluss (Effekt) die in Tab. 87 aufgeführten Variablen auf das aktuelle Interesse (emotionale Komponente) haben. Dabei wird zwischen *festen Effekten* (Einfluss im Sinne eines Haupteffekts) und *zufälligen Effekten* (Variation der Parameterschätzung zwischen den Einheiten auf Gruppenebene E2 bzw. auf Betreuer Ebene E3) unterschieden.

Im Sinne des einführenden Charakters werden für die Modellserie A alle Schritte der Mehrebenenanalyse vollständig (inkl. den statistischen Kennwerten) dokumentiert. Da sich das Vorgehen im Bezug auf die restlichen in Tab. 87 angegebenen AV prinzipiell nicht unterscheidet, wird für die Modelle B bis I lediglich das Gesamtmodell präsentiert (Abschnitt 8.8.6).

A0 In diesem Nullmodell (A0) werden noch keine Einflüsse durch Variablen berücksichtigt. Die Varianzverteilung ist in Tab. 88 angegeben.

A1 Das aktuelle Interesse wird nur im Post-Test erhoben; der Einbezug einer Ausprägung im Pre-Fragebogen entfällt somit. Als „Ersatz“-Kontrollvariable für das aktuelle Interesse wird daher das *Fachinteresse an Physik* herangezogen. Es zeigt sich ein höchst signifikanter Zusammenhang im Sinne eines Haupteffekts ($\beta_1 = 0.288, t(997) = 11.3, p < 0.001^{***}$). Zu prüfen ist nun, ob dieser Effekt auf Gruppen- und Betreuer Ebene variiert (zufälliger Effekt). Es zeigt sich ein signifikanter zufälliger Effekt auf Gruppenebene E2 ($\chi^2(2) = 29.5, p < 0.001^{***}$); nicht aber auf der Betreuer Ebene E3 ($\chi^2(2) = 0.3, p = 0.882^{ns}$). Die Modellverbesserung ist signifikant ($\Delta D = \chi^2(1) = 6.2, p = 0.013^*$).

Die Güte des Modells verbessert sich von A0 auf A1 mit $R_{mA1}^2 = 0.113, R_{cA1}^2 = 0.28$ ($\Delta R_{mA0A1}^2 = 0.113, \Delta R_{cA0A1}^2 = 0.125$).

A2 Das Modell A1 wird zunächst im Sinne einer Kontrollvariable um die Leistung im Schulfach Physik (operationalisiert durch die *Schulnote in Physik*) erweitert. Es zeigt sich ein überraschender zunächst signifikanter fester Effekt ($\beta_2 = 0.073, t(977) = 2.5, p = 0.013^*$): Je größer (also schlechter) die Schulnote, desto höher die Ausprägung der emotionale Komponente des aktuellen Interesses. Zu prüfen ist nun, ob dieser Effekt auf Gruppen- und Betreuer Ebene variiert (zufälliger Effekt). Der Einbezug des Zufallseffekts zeigt sich auf beiden Ebenen nicht signifikant (E2: $\chi^2(3) = 1.9, p = 0.597^{ns}$; E3: $\chi^2(2) = 0.1, p = 0.945^{ns}$), daher wird für diesen Prädiktor kein Zufallseffekt modelliert. Die Modellverbesserung ist signifikant ($\Delta D = \chi^2(1) = 6.2, p = 0.013^*$).

Es zeigt sich kein signifikanter Unterschied bzgl. der *Schularten* (fester Effekt; Dummy-Variable mit 0: Oberschule und 1: Gymnasium) ($t(150) = -0.5, p = 0.584^{ns}$).

Die Güte des Modells verbessert sich von A1 auf A2 mit $R_{mA2}^2 = 0.114, R_{cA2}^2 = 0.339$ ($\Delta R_{mA1A2}^2 = 0.005, \Delta R_{cA1A2}^2 = 0.004$).

A3 Für das *Geschlecht der Schüler* (Dummy-Variable mit 0: männlich und 1: weiblich) ergibt sich kein bedeutsamer Unterschied ($t(931) = -1.8, p = 0.08$).

Erwartungsgemäß zeigen sich bzgl. der *Interessentypen der Schüler* signifikante Unterschiede. Der Einfluss des Interessentyps wird über eine Dummy-Variablen²² erhoben (MINT^- : $t(940) = -1.4, p = 0.157^{ns}$; MINT^+ : $\beta_4 = 0.165, t(946) = 3, p = 0.003^{**}$). Dieser Effekt variiert nicht auf Gruppen- bzw. Betreuerenebene. Die Modellverbesserung durch Hinzufügen der Variable *Interesstyp* ist signifikant ($\Delta D = \chi^2(2) = 14, p < 0.001^{***}$). Die Güte des Modells verbessert sich von A2 auf A3 mit $R_{mA3}^2 = 0.127, R_{cA3}^2 = 0.346$ ($\Delta R_{mA2A3}^2 = 0.013, \Delta R_{cA2A3}^2 = 0.007$).

A4 Für die *Betreuer-Schüler-Beziehung* zeigt sich ein höchst signifikanter Zusammenhang im Sinne eines Haupteffekts ($\beta_5 = 0.469, t(908) = 12.4, p < 0.001^{***}$). Dieser variiert auf Gruppenebene E2 ($\chi^2(3) = 10.1, p = 0.018^*$), jedoch nicht auf Betreuerenebene E3 ($\chi^2(2) = 2.7, p = 0.265^{ns}$); daher wird die insignifikante Zufallskomponente auf Ebene 3 wieder entfernt. Die Modellverbesserung durch Hinzufügen des Prädiktors *Betreuer-Schüler-Beziehung* ist signifikant ($\Delta D = \chi^2(4) = 151, p < 0.001^{***}$). Die Güte des Modells verbessert sich von A3 auf A4 mit $R_{mA4}^2 = 0.243, R_{cA4}^2 = 0.425$ ($\Delta R_{mA3A4}^2 = 0.117, \Delta R_{cA3A4}^2 = 0.079$).

A5 In dieser Modellserie soll der Einfluss des Professionswissens geprüft werden. In dieser Stichprobe hängen die (durch den Professionswissenstest erhobenen) Wissensbereiche Fachwissen (FW) und fachdidaktisches Wissen (FDW) nicht signifikant miteinander zusammen (vgl. dazu die Korrelationsmatrix (Tab. 76) in Kapitel 7 auf Seite 186). Eine simultane Modellierung der Prädiktoren ist somit möglich (Stichwort: Multikollinearität).

Als erstes soll der Einfluss des *Fachwissens* geprüft werden. Dazu wird das Modell A4 zunächst nur um den Gesamtscore des Fachwissens der Betreuer erweitert. Es zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang im Sinne eines Haupteffekts ($t(8) = 0.1, p = 0.891^{ns}$). Um zu prüfen, ob evtl. bestimmte *Interessentypen* der Schüler in Verbindung mit dem *Fachwissen der Betreuer* eine Rolle spielt, werden diesbezüglich Interaktionseffekte geprüft; die ebenfalls nicht signifikant werden ($\text{FW} \times \text{MINT}^0$: $t(16) = -0.5, p = 0.645^{ns}$; $\text{FW} \times \text{MINT}^-$: $t(928) = -0.3, p = 0.768^{ns}$; $\text{FW} \times \text{MINT}^+$: $t(961) = 1.3, p = 0.184^{ns}$).

Abschließend wird der Einfluss des *fachdidaktischen Wissens* geprüft. Dazu wird das Modell um den Gesamtscore des fachdidaktischen Wissens der Betreuer erweitert. Auch hier zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang im Sinne eines Haupteffekts ($t(12) = 0.1, p = 0.954^{ns}$). Auch Interaktionseffekte mit den Interessengruppen $\text{MINT}^{+|0|-}$ zeigen sich nicht.

Da kein Prädiktor der Modellserie A5 Signifikanz aufwies, wurde das Modell A4 nicht erweitert. Weder für das Fachwissen, noch das fachdidaktische Wissen konnte ein Einfluss auf die emotionale Komponente des aktuellen Interesses gefunden werden.

A6 In den folgenden Modellserien A6 bis A8 soll der Einfluss der (neben dem Professionswissen) *weiteren Aspekte prof. Handlungskompetenz* nach Baumert und

²² Der Regressionskoeffizient β gibt stets den Effekt bezogen auf die zu Null kodierte Referenzvariable an; also den Effekt der im Vergleich zu dieser Referenzvariablen (0: MINT^0) als Eins kodierte Ausprägung (1: MINT^- bzw. 1': MINT^+).

Kunter (2006) geprüft werden. Dazu gehören die jeweils auf die Betreuer bezogenen *Werthaltungen* (hier operationalisiert durch WNM & WSO; Tab. 87), die *motivationalen Orientierungen* (MSP & MEN) und die *selbstregulativen Fähigkeiten* (RZ & RD). Da Variablen, zwischen denen *Multikollinearität* vorliegt, nicht simultan in Mehrebenenstrukturen modelliert werden dürfen, erfolgt im Voraus die Betrachtung der Korrelationen zwischen diesen Konstrukten (Tab. 89a). Daraus wird ersichtlich, dass einige der Variablen stark miteinander korrelieren und somit nicht gleichzeitig im Modell enthalten sein dürfen. Daher wird im Folgenden nur jeweils *eine Variable* stellvertretend für den jeweiligen Aspekt von prof. Handlungskompetenz geprüft:

- *Werthaltungen*: Schülerorientierung beim Experimentieren (WSO), korreliert signifikant mit Aufgeschlossenheit für neue Medien (WNM); Modellserie A6
- *Motivation*: Enthusiasmus für Naturwissenschaften (MEN), korreliert signifikant schwach mit SWE bzgl. Physik zu lehren (MSP); Modellserie A7
- *Selbstregulation*: Distanzierungsfähigkeit (RD), korreliert mittel mit Zielstrebigkeit (RZ); Modellserie A8

Tab. 89: Korrelationsmatrix der Operationalisierungen für die weiteren Aspekte prof. Handlungskompetenz (vgl. Tab. 87; *Werthaltungen*: WNM & WSO, *motivationale Orientierungen*: MSP & MEN, *Selbstregulation*: RZ & RD).

	(a) vollständig						(b) reduziert			
	WNM	WSO	MSP	MEN	RZ	RD		WSO	MEN	RD
WNM	1						WSO	1		
WSO	0.47***	1					MEN	-0.05	1	
MSP	-0.09**	0.19***	1				RD	-0.01	-0.08*	1
MEN	-0.34***	-0.05	0.11***	1						
RZ	-0.04	0.37***	-0.15***	-0.47***	1					
RD	-0.60***	-0.01	0.01	-0.08*	0.59***	1				

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Die verbliebenen „Stellvertreter“ korrelieren jeweils nicht signifikant bzw. nicht stark miteinander (Tab. 89b), sodass eine simultane Modellierung möglich ist.

In dieser Modellserie A6 soll der Einfluss der *Werthaltungen* der Betreuer geprüft werden. Da das Modell in der vorherigen Modellserie A5 nicht geändert wurde, wird daher das Modell A4 um den Prädiktor *Schülerorientierung* erweitert. Es zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang im Sinne eines Haupteffekts ($t(10) = -0.1, p = 0.899^{ns}$).

A7 & A8 Auch weitere entsprechend Tab. 87 durchgeführte Modellanpassungen bzgl. der *motivationalen Orientierungen* (A7) und der *selbstregulativen Fähigkeiten der Betreuer* (A8) bleiben insignifikant. Da kein Prädiktor der Modellserien A6 bis A8 Signifikanz aufwies, wurde das Modell nicht erweitert.

A9 Abschließend soll der Einfluss der *wahrgenommenen sozialen Kompetenz der Betreuer* geprüft werden. Da die Prädiktoren der jeweiligen Ausprägungen von sozialer Kompetenz (*soziale Orientierung, Offensivität, Selbststeuerung und Reflexibilität der Betreuer*) jedoch alle recht hoch signifikant miteinander korrelieren ($|r| > 0.4$), liegt zwischen diesen Variablen *Multikollinearität* vor; diese dürfen deshalb nicht simultan in Mehrebenenstrukturen modelliert werden. Daher erfolgt stellvertretend für alle wahrgenommenen sozialen Kompetenzen der Betreuer nur die Prüfung des Prädiktors *soziale Orientierung*²³.

Dazu wird das Modell nur um den entsprechenden Prädiktor erweitert. Es zeigt sich kein statistisch bedeutsamer fester Effekt ($t(956) = 1.8, p = 0.077$) – das Modell wird nicht erweitert.

GESAMTMODELL A Das Gesamtmodell für die emotionale Komponente des aktuellen Interesses ergibt sich somit wie in [Tab. 90](#) dargestellt.

Tab. 90: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses (Modellserie A; $N = 1001$; $R_m^2 = 0.243, R_c^2 = 0.425$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	189	3.8	<0.001***	0.729	0.194	
Fachinteresse Physik	312	8.0	<0.001***	0.247	0.031	0.293
Physiknote	978	3.0	0.002**	0.083	0.027	0.092
Typ (MINT ⁻)	933	-1.6	0.102 ^{ns}			
Typ (MINT ⁺)	937	2.8	0.006**	0.144	0.052	0.090
Betreuer-Schüler-Bez.	110	10.2	<0.001***	0.468	0.046	0.344

ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>		<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.359	0.599	E2: Fachinteresse Ph	0.021	0.147
E2: (Intercept)	0.909	0.953	E3: (Intercept)	0.008	0.089
E2: Betr.-Schüler-Bez.	0.071	0.267			

VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren \equiv Gesamtmodell
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.127 (+0.127)	0.243 (+0.117)
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.155	0.346 (+0.191)	0.425 (+0.079)

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz|Standardabw., R_m^2 : marginales|konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

23 Anmerkung: Die wahrgenommene *soziale Orientierung* des Betreuers korreliert leicht mit der wahrgenommenen *Betreuer-Schüler-Beziehung* ($r = 0.24$). Da diese Korrelation nach Moosbrugger und Keleva (2012) aber nur einem *kleinen* linearen Zusammenhang entspricht ($0.1 \leq |r| < 0.5$) und es sich um zwei verschiedene Konzepte handelt, wird der Prädiktor *soziale Orientierung* modelliert.

MODELLSERIEN B & C Für die wertebezogene und die epistemische Komponente des aktuellen Interesses wurden analog Mehrebenenanalysen durchgeführt (Modellserien B & C). Geprüft wurden alle in der Variablenübersicht (Tab. 87) aufgeführten Kontrollvariablen und Prädiktoren. Die Gesamtmodelle sind in Tab. 91 (wertebezogene Komponente) & Tab. 92 (epistemische Komponente) dokumentiert.

Tab. 91: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse der wertebezogenen Komponente des aktuellen Interesses (Modellserie B; $N = 1001$; $R_m^2 = 0.154$, $R_c^2 = 0.292$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	515	8.1	<0.001***	1.227	0.152	
Fachinteresse Physik	118	8.5	<0.001***	0.224	0.026	0.272
Betreuer-Schüler-Bez.	854	9.4	<0.001***	0.369	0.039	0.278
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.418	0.647	E2: Fachinteresse Ph		0.015	0.123
E2: (Intercept)	0.248	0.498	E3: (Intercept)		0.003	0.055
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.078 (+0.078)		0.154 (+0.075)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.148	0.258 (+0.109)		0.292 (+0.034)		

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz|Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales|konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 92: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses (Modellserie C; $N = 1001$; $R_m^2 = 0.281$, $R_c^2 = 0.378$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	493	3.3	0.001**	0.535	0.164	
Fachinteresse Physik	190	8.6	<0.001***	0.256	0.030	0.288
Schulart (Gymnasium)	148	-2.8	0.006**	-0.175	0.063	-0.099
Geschlecht (weiblich)	924	-2.6	0.008**	-0.131	0.050	-0.079
Typ (MINT ⁻)	922	-3.7	<0.001***	-0.230	0.062	-0.115
Typ (MINT ⁺)	962	3.5	<0.001***	0.192	0.056	0.114
Betreuer-Schüler-Bez.	803	8.9	<0.001***	0.355	0.040	0.247
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.439	0.662	E2: Fachinteresse Ph		0.003	0.052
E2: (Intercept)	0.123	0.351	E3: (Intercept)		0.002	0.040
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.223 (+0.223)		0.281 (+0.057)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.119	0.362 (+0.242)		0.378 (+0.016)		

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz|Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales|konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

MODELLSERIEN D BIS I Für die weiteren Zielvariablen wurden analog Mehrebenenanalysen durchgeführt (Modellserien D bis I). Geprüft wurden alle in der Variablenübersicht (Tab. 87) aufgeführten Kontrollvariablen und Prädiktoren. Die Gesamtmodelle sind im Folgenden dokumentiert.

Tab. 93: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zum Fachinteresse Physik (Modellserie D; $N = 1000$; $R_m^2 = 0.742$, $R_c^2 = 0.761$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	26	-0.0	0.968 ^{ns}			
Pre-Score	938	38.9	<0.001 ^{***}	0.792	0.020	0.779
Physiknote	867	-2.9	0.003 ^{**}	-0.057	0.019	-0.052
Typ (MINT ⁻)	978	-2.2	0.025 [*]	-0.093	0.042	-0.041
Typ (MINT ⁺)	972	2.7	0.007 ^{**}	0.103	0.038	0.054
Betreuer-Schüler-Bez.	9	2.8	0.021 [*]	0.120	0.044	0.073
Enthusiasmus für NW	163	2.8	0.006 ^{**}	0.095	0.034	0.047
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.213	0.461	E3: (Intercept)		0.116	0.340
E2: (Intercept)	0.427	0.654	E3: Betr.-Schüler-Bez.		0.009	0.097
E2: Betr.-Schüler-Bez.	0.037	0.192				
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell		+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren \equiv Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.735 (+0.735)	0.742 (+0.007)			
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.190	0.741 (+0.551)	0.761 (+0.020)			

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, *s*²/*sd*: Varianz | Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales | konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 94: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zum Sachinteresse Physik (Modellserie E; $N = 1000$; $R_m^2 = 0.69$, $R_c^2 = 0.696$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	74	9.3	<0.001 ^{***}	0.416	0.045	
Pre-Score	956	44.5	<0.001 ^{***}	0.849	0.019	0.815
Geschlecht (weiblich)	679	-2.3	0.02 [*]	-0.082	0.035	-0.043
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.276	0.525	E2: (Intercept)		0.001	0.027
E2: (Intercept)	0.001	0.027				
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell		+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren \equiv Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.690 (+0.690)	0.690 (+0.000)			
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.120	0.696 (+0.575)	0.696 (+0.000)			

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, *s*²/*sd*: Varianz | Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales | konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 95: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zum Image bzgl. des Unterrichtsfachs Physik (Modellserie F; $N = 999$; $R_m^2 = 0.537$, $R_c^2 = 0.539$).

FESTE EFFEKTE	df	t	p	β_i	se	β_i^{std}
(Intercept)	22	7.6	<0.001***	0.995	0.131	
Pre-Score	993	28.4	<0.001***	0.765	0.027	0.693
Schulart (Gymnasium)	796	-4.1	<0.001***	-0.171	0.042	-0.089
FW (MINT ⁰)	6	0.7	0.521 ^{ns}			
FW × MINT ⁻	988	-2.3	0.022*	-0.169	0.074	-0.057
FW × MINT ⁺	992	0.4	0.68 ^{ns}			

ZUFÄLLIGE EFFEKTE	s^2	sd		s^2	sd
E1: (Intercept)	0.373	0.611	E3: (Intercept)	0.001	0.037
E2: (Intercept)	0.000	0.000			

VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren \equiv Gesamtmodell
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.535 (+0.535)	0.537 (+0.002)
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.113	0.536 (+0.423)	0.539 (+0.003)

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., se : Standardfehler, d : Cohens d , df : Freiheitsgrade, $s^2|sd$: Varianz|Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales|konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 96: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zum Image bzgl. der Wissenschaft Physik (Modellserie G; $N = 999$; $R_m^2 = 0.494$, $R_c^2 = 0.558$).

FESTE EFFEKTE	df	t	p	β_i	se	β_i^{std}
(Intercept)	288	6.5	<0.001***	0.966	0.149	
Pre-Score	159	23.2	<0.001***	0.663	0.029	0.677
Betreuer-Schüler-Bez.	733	4.8	<0.001***	0.147	0.030	0.111

ZUFÄLLIGE EFFEKTE	s^2	sd		s^2	sd
E1: (Intercept)	0.256	0.506	E2: Pre-Score	0.039	0.198
E2: (Intercept)	0.775	0.880	E3: (Intercept)	0.001	0.025

VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren \equiv Gesamtmodell
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.482 (+0.482)	0.494 (+0.012)
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.065	0.551 (+0.486)	0.558 (+0.007)

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., se : Standardfehler, d : Cohens d , df : Freiheitsgrade, $s^2|sd$: Varianz|Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales|konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 97: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zur Selbstwirksamkeitserwartung bzgl. des Unterrichtsfachs Physik (Modellserie H; $N = 995$; $R_m^2 = 0.74$, $R_c^2 = 0.755$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	254	2.1	0.033*	0.277	0.129	
Pre-Score	981	42.6	<0.001***	0.850	0.020	0.813
Physiknote	982	-3.9	<0.001***	-0.074	0.019	-0.075
Betreuer-Schüler-Bez.	132	3.1	0.003**	0.090	0.029	0.059
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	s^2	<i>sd</i>			s^2	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.184	0.428	E2: Betr.-Schüler-Bez.		0.027	0.163
E2: (Intercept)	0.313	0.560	E3: (Intercept)		0.003	0.052
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.735 (+0.735)		0.740 (+0.004)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.132	0.739 (+0.607)		0.755 (+0.016)		

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, $s^2|sd$: Varianz | Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales | konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 98: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zur Selbstwirksamkeitserwartung bzgl. Experimentieren in Physik (Modellserie I; $N = 995$; $R_m^2 = 0.622$, $R_c^2 = 0.643$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	163	1.2	0.238 ^{ns}			
Pre-Score	967	30.0	<0.001***	0.720	0.024	0.684
Schulart (Gymnasium)	140	2.6	0.01*	0.083	0.032	0.054
Typ (MINT ⁻)	981	0.6	0.58 ^{ns}			
Typ (MINT ⁺)	953	6.7	<0.001***	0.224	0.033	0.155
Betreuer-Schüler-Bez.	112	5.4	<0.001***	0.148	0.027	0.118
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	s^2	<i>sd</i>			s^2	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.181	0.426	E2: Betr.-Schüler-Bez.		0.019	0.138
E2: (Intercept)	0.183	0.428	E3: (Intercept)		0.000	0.020
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.606 (+0.606)		0.622 (+0.015)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.177	0.624 (+0.448)		0.643 (+0.019)		

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, $s^2|sd$: Varianz | Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales | konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

8.8.5 Einfluss der Betreuermerkmale auf aktuelles Interesse

Für alle drei Komponenten des aktuellen Interesses kann durch die Betreuermerkmale, also die Aspekte professioneller Handlungskompetenz von Betreuenden, nur etwa 30 bis 40% der Varianz erklärt werden (R_m^2 bzw. R_c^2 in Tab. 90, 91 & 92). Insbesondere wird durch die Prädiktoren nur ein sehr geringer Varianzanteil erklärt.

Bemerkenswert ist, dass für alle Komponenten des aktuellen Interesses weder das Professionswissen, noch die weiteren Aspekte professioneller Handlungskompetenz signifikante Prädiktoren darstellen (fehlen in den Gesamtmodellen A, B und C).

Für die emotionale und die epistemische Komponente erweist sich der *Interessentyp* der Schüler als signifikante Kontrollvariable für die unterschiedlichen Ausprägungen; wobei im Falle von signifikanten Unterscheiden die im Vergleich zu MINT⁰ weniger interessierten Schüler (MINT⁻) geringere Ausprägungen und die stärker interessierten Schüler (MINT⁺) stärkere Ausprägungen zeigen.

Die größten Effekte auf alle Komponenten des aktuellen Interesses haben das *Fachinteresse an Physik* (Kontrollvariable) und die *Betreuer-Schüler-Beziehung* (jeweils mit $\beta^{std} \geq 0.24$).

8.8.6 Einfluss der Betreuermerkmale auf Fach- und Sachinteresse

Um zu prüfen, welchen Einfluss die professionelle Handlungskompetenz der Betreuer auf das Fach- und Sachinteresse hat, wurden ebenfalls Mehrebenenanalysen durchgeführt (Modellserien D & E). Die Gesamtmodelle sind in Tab. 93 (Fachinteresse Physik) und Tab. 94 (Sachinteresse Physik) dokumentiert.

Die Modellgüte (R_m^2 bzw. R_c^2) ist für die modellierten Zusammenhänge bzgl. Fach- und Sachinteresse um ein vielfaches höher als beim aktuellen Interesse (Abschnitt 8.8.4) – ca. 70% der Varianz kann erklärt werden. Dies liegt vor allem an dem großen Effekt der Ausprägung des Fach- bzw. Sachinteresses im Fragebogen vor Beginn des Experimentiertags (Pre-Score als Kontrollvariable; $\beta_{\text{Pre-Score}}^{(std)}$ in Tab. 93 bzw. 94). Beide Modelle haben gemein, dass mit Ausnahme des *Pre-Scores* (Kontrollvariable) keiner der Prädiktoren einen großen Effekt auf das Fach- und Sachinteresse der Schüler aufweisen. Dies ist allerdings auch so zu erwarten gewesen, da einerseits beide Interessen als *dispositional* und somit wenig veränderlich gelten und andererseits auch der *direkte* Einfluss von Betreuermerkmalen auf die Zielvariablen nicht aus der Theorie hervorgeht (vgl. Kapitel 3).

Das Fachinteresse an Physik (Tab. 93) unterscheidet sich erwartungsgemäß je nach *Interessentyp* MINT^{+|0|-}. Die Prädiktoren *Betreuer-Schüler-Beziehung* und *Enthusiasmus der Betreuer für Naturwissenschaften* sind mit kleinen Regressionsgewichten signifikant. Für das Sachinteresse an Physik (Tab. 94) ergeben sich in dieser Stichprobe keine signifikanten Prädiktoren – das Sachinteresse wird kaum beeinflusst.

Generell zeigt sich wie beim aktuellen Interesse auch hier, dass das Professionswissen keinen *direkten* Einfluss auf die Entwicklung von Fach- und Sachinteresse

im Rahmen dieses relativ kurzen Laborbesuchs hat. Insgesamt spricht dies also für einen geringen Einfluss der professionellen Handlungskompetenz der Betreuer auf das Fach- und Sachinteresse der Schüler (lediglich der von den Schülern wahrgenommene Enthusiasmus der Betreuer gegenüber Naturwissenschaften wird für das Fachinteresse signifikant).

8.8.7 Einfluss der Betreuermerkmale auf das Image von Physik

Die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse zum Einfluss von professioneller Handlungskompetenz der Betreuer auf das Image von Physik sind in Tab. 95 (Unterrichtsfach Physik) und 96 (Wissenschaft Physik) dargestellt.

Durch die Modellierungen bzgl. des direkten Betreuerinflusses auf das Image von Physik kann nur ein Anteil von ca. 55% erklärt werden (vgl. R_m^2 und R_c^2 in Tab. 95 bzw. 96). Für das Image bzgl. der Wissenschaft Physik (Tab. 96) zeigt sich ein signifikanter Effekt für die Betreuer-Schüler-Beziehung, nicht jedoch bezogen auf das Image des Unterrichtsfachs Physik.

Für den Einfluss des Professionswissens ergeben sich abhängig vom jeweiligen *Interessentyp der Schüler* differenzierte Ergebnisse: Für das Image des Unterrichtsfachs Physik wird bei wenig an MINT-Themen interessierten Schülern (Interessentyp MINT⁻) das Fachwissen (FW) der Betreuer signifikant. Bemerkenswert ist hier, dass der Effekt des FWs *negativ* ausfällt. Für die anderen Interessentypen bzw. für das Image der Wissenschaft zeigen sich keine Effekte im Bezug auf das Professionswissen der Betreuer.

Dieser etwas überraschende negative Effekt des Fachwissens geht vermutlich darauf zurück, dass sich bei Schülern, die generell wenig an der Thematik interessiert sind und auch ein eher negatives Image von Physik haben (vgl. FFo & H3), durch Konfrontation mit einem Betreuer mit hohem Fachwissen, sich dieses Image von Physik noch weiter (negativ) verstärkt (eine Art „Nerd“-Effekt).

Insgesamt zeigt sich auch hier, dass Betreuer keinen bzw. nur einen geringen *direkten* Einfluss auf das Image der Schüler von Physik haben.

8.8.8 Einfluss der Betreuermerkmale auf Selbstwirksamkeitserwartung

Abschließend sind die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse zum Einfluss von professioneller Handlungskompetenz der Betreuer auf die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) im Unterrichtsfach Physik (Tab. 97) und speziell für das Experimentieren in Physik (Tab. 98) dargestellt.

Durch die Modellierungen bzgl. des direkten Betreuerinflusses auf die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) kann ca. $3/4$ bzw. $2/3$ der Varianz erklärt werden (R_m^2 und R_c^2 in Tab. 97 bzw. 98).

Es zeigt sich in beiden Fällen ein signifikanter Effekt für die *Betreuer-Schüler-Beziehung*, wobei die Stärke des Effekts für die SWE bzgl. des Experimentierens im Physikunterricht größer ausfällt. Weiter werden keine Prädiktoren signifikant. Die Ausprägung des jeweiligen SWE-Konstrukts im Fragebogen vor Beginn des

Experimentiertags (Pre-Score als Kontrollvariable; $\beta_{\text{Pre-Score}}^{(std)}$ in Tab. 97 bzw. 98) stellt den mit Abstand größten Effekt dar.

Die Mehrebenenanalyse zur SWE bzgl. Experimentieren in Physik (Tab. 98) zeigt, dass Schüler von *Gymnasien*, sowie stark interessierte *Interessentypen* eine signifikant höher ausgeprägte SWE beim Experimentieren im Physikunterricht haben.

Weiter zeigen sich keine statistisch bedeutsamen Prädiktoren; insbesondere wird auch hier das Professionswissen nicht signifikant. Zusammengefasst kann nur wenig Varianz durch die (Betreuer-)Prädiktoren erklärt werden. Als stärkster Prädiktor wird die *Betreuer-Schüler-Beziehung* identifiziert.

8.8.9 Kurzzusammenfassung der zentralen Ergebnisse zu FFa

1. *Direkter Betreureinfluss auf die Zielvariablen:* Generell lassen die Ergebnisse darauf schließen, dass die professionelle Handlungskompetenz (und damit insbesondere das Professionswissen) der Betreuer keinen bzw. nur einen sehr kleinen Einfluss auf die Zielvariablen aktuelles Interesse, Fachinteresse, Sachinteresse, Image von Physik, sowie Selbstwirksamkeitserwartung hat.
2. *Bedeutung von Betreuer-Schüler-Beziehung:* Den größten Einfluss auf die Zielvariablen hat die Betreuer-Schüler-Beziehung. Zusammen mit dem Ergebnis, dass im Allgemeinen kein großer Effekt durch die professionelle Handlungskompetenz der Betreuer nachgewiesen werden konnte, scheint es (zumindest im Kontext Schülerlabor mit den nicht primär auf Lernerfolg oder Leistung ausgelegten Zielvariablen) entscheidender zu sein, dass die Betreuer von den Schülern *akzeptiert und gemocht* werden.
3. *Einfluss auf aktuelles Interesse:* Der einzige direkt auf den Betreuer bezogene Effekt auf alle Komponenten des aktuellen Interesses stellte die Betreuer-Schüler-Beziehung dar.
4. *Einfluss auf Fach- und Sachinteresse:* Erwartungsgemäß werden diese dispositionalen Konstrukte direkt durch den Betreuer im Prinzip nicht beeinflusst. Lediglich für das Fachinteresse Physik konnte ein sehr geringer Einfluss identifiziert werden (Betreuer-Schüler-Beziehung, Enthusiasmus der Betreuer für Naturwissenschaften).
5. *Einfluss auf das Image von Physik:* Die Betreuer-Schüler-Beziehung hat einen Einfluss auf das Image der Wissenschaft Physik, nicht aber auf das Image des Schulfachs Physik. Weiterhin zeigte sich für wenig an MINT-Themen interessierte Schüler ein negativer Effekt für das Fachwissen der Betreuer („Nerd“-Effekt).
6. *Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartung in Physik:* Wie schon beim aktuellen Interesse stellt der einzige, direkt auf den Betreuer bezogene Effekt, die Betreuer-Schüler-Beziehung dar; allerdings ist die Stärke des Einflusses kleiner. Die Selbstwirksamkeitserwartung bzgl. des Physikunterrichts wird weniger beeinflusst als für das Experimentieren im Physikunterricht.

8.9 FORSCHUNGSFRAGE – TEIL B: BETREUERMERKMALE & BETREUUNGSQUALITÄT

FFb Inwiefern stellen die Aspekte prof. Handlungskompetenz (Professionswissen, Werthaltungen, Motivation und Selbstregulation, soziale Kompetenz) Prädiktoren für die wahrgenommene Qualität der Betreuung dar (Kognitive Aktivierung, Konstruktive Unterstützung, Lernförderliches Klima, Klarheit, Kommunikation)?

8.9.1 Methodik, Variablen & Vorgehen

METHODE Methodisch erfolgt die Untersuchung der Zusammenhänge analog zu FFa (Abschnitt 8.8, Seite 233) durch eine *Mehrebenenanalyse* (vgl. Kapitel 6). Die hierarchische Strukturierung der Stichprobe ist Abschnitt 8.1 auf Seite 191 dargestellt. Ebene 1 bilden die *Schüler*. Diese können eindeutig einer bestimmten *Gruppe* zugeordnet werden, in der sie den Experimentiertag zusammen erlebt haben (Ebene 2). Die Gruppen wiederum werden am Experimentiertag nur von einem *Betreuer* angeleitet (Ebene 3).

VARIABLENÜBERSICHT Im Zuge der weiteren Analysen ist es hilfreich, die zu untersuchenden abhängigen und unabhängigen Variablen (AV & UV) gegenüberzustellen. Auch dies soll analog zu FFa (Abschnitt 8.8, Seite 233) erfolgen: Tab. 99 stellt alle UV (Prädiktoren, Kontrollvariablen) und AV gegenüber, die für die Beantwortung von FFb bedeutsam sind.

Untersucht wird der Einfluss Prädiktoren²⁴ auf die (wahrgenommenen) Qualitätsmerkmale guter Betreuung (kognitive Aktivierung, ...) jeweils in eigenen *Modellserien*.

DECKENEFFEKTE Die wahrgenommenen Qualitätsmerkmale der Betreuung zeigen mit Ausnahme von „Kommunikation“ und „kog. Aktivierung“ deutliche Deckeneffekte (Tab. 99). Dies ist zunächst erfreulich, da daraus abgelesen werden kann, dass die Schüler durchaus zufrieden mit der Betreuung am Experimentiertag waren. Dieser Eindruck wird auch durch die *gute* durchschnittliche Schulnote bestätigt, die die Schüler ihrem Betreuer geben würden ($\bar{x} = 2.15$ auf der Notenskala von 1 bis 6, $N = 1134$, $sd = 0.65$).

Für Regressionsanalysen sind Deckeneffekte jedoch nicht wünschenswert, da die Aussagekraft der Ergebnisse hierdurch durchaus beeinträchtigt werden kann. Trotz dieser Deckeneffekte wurden die Variablen nicht geändert oder angepasst (auch im Hinblick darauf, dass die Ausprägungen der Variablen hinreichende Varianz aufweisen; vgl. Standardabweichung sd in Tab. 99).

²⁴ Es handelt sich um dieselben UV wie bei FFa. Daher wird für eine ausführliche Beschreibung auf Abschnitt 8.8.2 (Seite 237) verwiesen.

Tab. 99: Variablenübersicht zu FFb.

#	KÜRZEL	BEZEICHNUNG	ERHEB.	N	\bar{x}	sd
ABHÄNGIGE VARIABLEN (JEWEILS POST-FRAGEBOGEN)						
A	Aktiv	Kognitive Aktivierung	5L6	1483	2.85	0.61
B	Unt	Konstruktive Unterstützung	5L4	1483	3.44	0.51
C	Klima	Lernfreundliches Klima	5L3	1473	3.66	0.47
D	Klar	Klarheit	5L4	1483	3.07	0.67
E	Komm	Kommunikation	5L4	1471	2.69	0.74
KONTROLLVARIABLEN						
1	NotePh	Schulnote im Fach Physik	nom.	1477	2.55	0.89
	SArt	Schulart (Dummy-Variable)	nom.	1940	–	–
2	Geschl	Schüler-Geschlecht (Dummy-Variable)	nom.	1490	–	–
	Typ	Interessentyp (MINT ^{+ o} -; Dummy-V.)	LCA	1940	–	–
PRÄDIKTOREN (BEZOGEN AUF DEN BETREUER)						
3	BSB	Betreuer-Schüler-Beziehung	5L6	1473	3.44	0.58
4	FW*	Fachwissen	Test	13	0.66	0.18
	FDW*	Fachdidaktisches Wissen	Test	13	0.69	0.11
5	WNM	Aufgeschlossenheit für neue Methoden	5L6	13	2.26	0.5
	WSO	Schülerorientierung bei Exp.	5L6	13	2.43	0.55
6	MSP	SWE Physik zu lehren	5L7	13	2.28	0.27
	MEN	Enthusiasmus für Naturwissenschaften	5L8	13	2.69	0.46
7	RZ	Zielstrebigkeit	5L5	13	3.06	0.43
	RD	Distanzierungsfähigkeit	5L5	13	2.92	0.36
8	SK	Wahrgenommene soziale Kompetenz				
	SKSO	Soziale Orientierung	WC	1469	0.68	0.25
	SKOff	Offensivität	WC	1469	0.35	0.27
	SKSS	Selbststeuerung	WC	1469	0.61	0.28
	SKRef	Reflexibilität	WC	1469	0.47	0.26

mLn: *m*-stufige Likert-Skala mit *n* Items (Wertebereich von 0 bis *m* – 1), *nom.*: nominal, *WC*: Wort-Cluster, *N*: Stichprobenumfang, \bar{x} : Mittelwert, *sd*: Standardabweichung, *Bei diesen Variablen Untersuchung von Interaktionseffekten mit Interessentyp.

VORGEHENSWEISE Für jede in Tab. 99 aufgelistete AV ist der Einfluss der Kontrollvariablen und Prädiktoren jeweils in eigenen Modellserien durch (schrittweise) Entwicklung der Modelle zu prüfen. Die Reihenfolge, in der die UV in das Modell aufgenommen werden, ist ebenfalls aus Tab. 99 ablesbar: Analog zum Buchstaben des Modells stehen vor den Kontroll- und Prädiktorvariablen (UV) *Ziffern*, die die Reihenfolge angeben, in der die Variablen in das Modell aufgenommen werden. Dabei unterscheidet sich die prinzipielle Vorgehensweise nicht von FFa. Daher wird für eine ausführliche Beschreibung auf [Abschnitt 8.8.2 \(Seite 237\)](#) verwiesen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird das für alle Modellserien von FFb (A bis F) identische Vorgehen in Kurzform dargelegt:

1. Die Mehrebenenanalyse beginnt mit der *Überprüfung der Verteilung der Varianzanteile* der abhängigen Variablen auf die einzelnen Ebenen durch Formulierung des *Nullmodells*.
2. Im Anschluss erfolgt die *schrittweise Modellentwicklung* separat für jede AV. Die Reihenfolge, in der die UV in das Modell aufgenommen werden, wird von der Ziffer vor den Kontroll- und Prädiktorvariablen (UV) in [Tab. 99](#) angegeben. *Prädiktoren* (bzw. Kontrollvariablen) werden in das Modell aufgenommen und im Sinne eines *Haupteffektes (fester Effekt)* auf Signifikanz untersucht (bei Signifikanz Angabe der *unstandardisierten Regressionsgewichte*, sonst Entfernung aus Modell).

Ist der Prädiktor im Sinne eines Haupteffektes (fester Effekt) signifikant, erfolgt zusätzlich die Prüfung auf (*zufällige Effekte*) (Variation des Effekts zwischen den Ebene-2- bzw. Ebene-3-Einheiten).

Der *Modellvergleich* erfolgt mittels χ^2 -Teststatistik, sowie der Veränderung der *Devianz D* mit der Faustregel: ΔD sollte mindestens dem Doppelten der Differenz der Freiheitsgrade entsprechen (Kreft & De Leeuw, 1999).

Kategoriale Variablen (Schulart, Geschlecht und Interessentyp) werden als *Dummy-Variablen* in das Modell aufgenommen. Kodierung: 0: Oberschule, 1: Gymnasium (*Schulart*); 0: männlich, 1: weiblich (*Geschlecht*) bzw. 0: MINT⁰ und 1: MINT⁻ bzw. 1':MINT⁺ (*Interessentyp*)²⁵.

3. *Interaktionseffekte* werden für das Professionswissen mit der Variable *Interessentyp* MINT⁺|⁰|⁻) geprüft. Die Interaktion ist durch das Zeichen \times zwischen den Prädiktoren dargestellt.
4. Für das Gesamtmodell erfolgt zur besseren Vergleichbarkeit zusätzlich die Angabe der *standardisierten Regressionsgewichte*.

8.9.2 Varianzverteilung auf die Ebenen (Nullmodell)

Den Ausgangspunkt der Modellentwicklungen für alle Modellserien stellt die Ermittlung der Verteilung der Varianzanteile auf die drei Ebenen durch das *Nullmodell* aller Zielvariablen (AV) dar ([Tab. 100](#)). Erwartungsgemäß zeigt sich der größte Varianzanteil jeweils auf der Individualebene E1 (Schüler). Etwa ein Zehntel der Varianz lässt sich wiederum durch die Gruppenzugehörigkeit am Experimentiertag erklären (E2: Gruppe). Nur wenig Varianz entfällt auf Ebene 3: den Betreuer. Die Gründe dafür sind analog für FFa in [Abschnitt 8.8.3 \(Seite 239\)](#) erläutert. Bemerkenswert ist, dass für die *Betreuer-Schüler-Beziehung* (BSB) der Varianzanteil auf Ebene 3 (Betreuer) größer als auf Ebene 2 (Gruppe) ist.

25 „Baseline“: männlicher Schüler an einer Oberschule des Interessentyps MINT⁰.

Tab. 100: Verteilung der Varianzanteile auf die 3 Ebenen (Zufallseffekte des Nullmodells; FFb; Angaben in %).

MODELL	Ao	Bo	Co	Do	Eo	Fo
EBENE	Aktiv	Unt	Klima	Klar	Komm	BSB
E1: Schüler	88.0	87.4	84.7	86.7	84.4	79.2
E2: Gruppe	9.2	5.8	8.5	10.1	12.0	9.9
E3: Betreuer	2.8	6.8	6.8	3.2	3.7	10.9
R_c^2	0.120	0.126	0.153	0.133	0.156	0.208

R_c^2 : Konditionales R^2 ($0 \leq R_c^2 \leq 1$).

Die Angabe der Modellgüte kann in Mehrebenenanalysen über das zweiteilige Modellgütemaß nach Nakagawa et al. (2017) erfolgen; wobei das *marginale* R^2 (R_m^2) den Varianzanteil angibt, der von den festen Effekten erklärt wird ($0 \leq R_m^2 \leq 1$), während das *konditionale* R^2 (R_c^2) als der Varianzanteil interpretiert werden kann, der durch das Gesamtmodell (mit festen *und* zufälligen Effekten) erklärt wird ($0 \leq R_c^2 \leq 1$). Da in *Nullmodellen* noch keine Kontrollvariablen oder Prädiktoren enthalten sind, wird auch keine Varianz durch feste Effekte erklärt ($R_m^2 = 0$ für alle Modelle in Tab. 100).

Ohne Prädiktoren zeigt sich erwartungsgemäß eine sehr niedrige Modellgüte R_c^2 (vgl. Tab. 100). Durch die Gruppen- bzw. Betreuerzugehörigkeit (Ebene 2 und 3) *allein* kann also nur wenig bis sehr wenig Varianz erklärt werden. Daher erfolgt nun die schrittweise Erweiterung der jeweiligen Modelle auf Grundlage funktionierender Submodelle. Die Reihenfolge entspricht dabei den Ziffern in der Variablenübersicht (Tab. 99).

8.9.3 Mehrebenenanalyse (Modellserie A: kognitive Aktivierung)

Im Folgenden wird geprüft, welchen Einfluss (Effekt) die in Tab. 99 aufgeführten Betreuervariablen auf die *kognitive Aktivierung* der Schüler haben. Dabei wird zwischen *festen Effekten* (Einfluss im Sinne eines Haupteffekts) und *zufälligen Effekten* (Variation der Parameterschätzung zwischen den Einheiten auf Gruppenebene E2 bzw. auf Betreurebene E3) unterschieden.

Analog zu FFa sind für die Modellserie A alle Schritte der Mehrebenenanalyse vollständig (inkl. den statistischen Kennwerten) dokumentiert. Für die restlichen Modellserien B bis F wird dann (da sich das Vorgehen im Bezug auf die restlichen in Tab. 99 angegebenen AVs prinzipiell nicht unterscheidet) lediglich das Gesamtmodell präsentiert (Abschnitt 8.9.5).

A0 Im Nullmodell werden noch keine Einflüsse durch Variablen berücksichtigt. Die Varianzverteilung ist in Tab. 100 angegeben.

A1 Das Modell A0 wird zunächst im Sinne einer Kontrollvariable um die Leistung im Schulfach Physik (operationalisiert durch die *Schulnote in Physik*) erweitert. Es zeigt sich ein signifikanter fester Effekt ($\beta_1 = -0.093, t(947) = -4.3, p < 0.001^{***}$). Je größer (also schlechter) die Schulnote, desto geringer die kognitive Aktivierung. Zu prüfen ist nun, ob dieser Effekt auf Gruppen- und Betreuerenebene variiert (zufälliger Effekt). Es zeigt sich kein zufälliger Effekt auf Gruppenebene E2 ($\chi^2(2) = 3.3, p = 0.19^{ns}$) oder Betreuerenebene E3 ($\chi^2(2) = 1.1, p = 0.568^{ns}$). Die Modellverbesserung ist signifikant ($\Delta D = \chi^2(1) = 18.4, p < 0.001^{***}$).

Es zeigen sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede bzgl. der *Schularten* (fester Effekt; Dummy-Variable mit 0: Oberschule und 1: Gymnasium; $t(147) = 1.6, p = 0.117^{ns}$).

Die Güte des Modells verbessert sich von A0 auf A1 mit $R_{mA1}^2 = 0.019, R_{cA1}^2 = 0.126$ ($\Delta R_{mA0A1}^2 = 0.019, \Delta R_{cA0A1}^2 = 0.01$).

A2 Für das *Geschlecht der Schüler* (Dummy-Variable mit 0: männlich und 1: weiblich) ergibt sich ein höchst signifikanter Unterschied ($\beta_2 = -0.181, t(842) = -4.8, p < 0.001^{***}$). Aus der Variablenkodierung wird ersichtlich, dass die kognitive Aktivierung (AV) für Mädchen *niedriger* ausfällt, als die der Jungen²⁶. Der Effekt variiert weder auf Gruppenebene E2 ($\chi^2(2) = 3.8, p = 0.153^{ns}$), noch auf Betreuerenebene E3 ($\chi^2(2) = 0, p = 0.998^{ns}$); daher wird kein Zufallseffekt des Geschlechts modelliert. Die Modellverbesserung durch Hinzufügen des Prädiktors *Geschlecht* ist signifikant ($\Delta D = \chi^2(1) = 22.6, p < 0.001^{***}$).

Auch bzgl. der *Interessentypen der Schüler* (Dummy-Variable mit 0: MINT⁰ und 1: MINT⁻ bzw. 1':MINT⁺) ergeben sich signifikante Unterschiede (MINT⁻: $t(984) = -1.9, p = 0.052$; MINT⁺: $\beta_4 = 0.242, t(985) = 5.6, p < 0.001^{***}$). Der Effekt variiert auf Gruppenebene E2 ($t(984) = -1.9, p = 0.052$), nicht jedoch auf Betreuerenebene E3 ($\beta_4 = 0.242, t(985) = 5.6, p < 0.001^{***}$); daher wird nur ein Zufallseffekt auf Gruppenebene modelliert. Die Modellverbesserung durch Hinzufügen des Prädiktors *Interessentypen* ist signifikant ($\Delta D = \chi^2(7) = 74.1, p < 0.001^{***}$).

Die Güte des Modells verbessert sich von A1 auf A2 mit $R_{mA2}^2 = 0.091, R_{cA2}^2 = 0.233$ ($\Delta R_{mA1A2}^2 = 0.072, \Delta R_{cA1A2}^2 = 0.108$).

A3 Als erster Prädiktor soll der Einfluss der Betreuer-Schüler-Beziehung geprüft werden; hierzu wird das Modell A2 entsprechend erweitert. Es zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang im Sinne eines Haupteffekts ($\beta_5 = 0.345, t(856) = 11.9, p < 0.001^{***}$). Der Effekt variiert nicht auf Gruppen- bzw. Betreuerenebene (E2: $\chi^2(4) = 2.7, p = 0.613^{ns}$, E3: $\chi^2(2) = 0.4, p = 0.838^{ns}$); daher wird kein Zufallseffekt modelliert. Die Modellverbesserung durch Hinzufügen des Prädiktors ist signifikant ($\Delta D = \chi^2(1) = 130.1, p < 0.001^{***}$).

Die Güte des Modells verbessert sich von A2 auf A3 mit $R_{mA3}^2 = 0.208, R_{cA3}^2 = 0.314$ ($\Delta R_{mA2A3}^2 = 0.116, \Delta R_{cA2A3}^2 = 0.081$).

26 Der Regressionskoeffizient β gibt stets den Effekt bezogen auf die zu Null kodierte Referenzvariable an; also den Effekt der im Vergleich zu dieser Referenzvariablen (0: männlich) als Eins kodierten Ausprägung (1: weiblich).

A4 In dieser Modellserie soll der Einfluss des Professionswissens geprüft werden. Die zwei (durch den Professionswissenstest erhobenen) Wissensbereiche Fachwissen (FW) und fachdidaktisches Wissen (FDW) korrelieren nicht signifikant miteinander (vgl. dazu die Korrelationsmatrix (Tab. 76) in Kapitel 7 auf Seite 186). Eine simultane Modellierung der Prädiktoren ist somit möglich (Stichwort: Multikollinearität).

Zunächst soll der Einfluss des *Fachwissens* (FW) geprüft werden. Dazu wird das Modell A3 zunächst nur um den Gesamtscore des Fachwissens der Betreuer erweitert. Zunächst zeigt sich ein signifikanter negativer Zusammenhang im Sinne eines Haupteffekts ($\beta_6 = -0.317, t(6) = -2.5, p = 0.043^*$). Um zu prüfen, ob evtl. bestimmte *Interessentypen* der Schüler in Verbindung mit dem *Fachwissen der Betreuer* eine Rolle spielen, werden Interaktionseffekte geprüft. Es zeigt sich, dass der Effekt unabhängig vom Interessentyp der Schüler ist: Für die „Baseline“, also den Interessentyp $MINT^0$, ergibt sich ein negativer Zusammenhang ($FW \times MINT^0$: $\beta_6 = -0.545, t(23) = -3.1, p = 0.005^{**}$); für den Interessentyp $MINT^-$ zeigt sich kein signifikanter Unterschied zu $MINT^0$ ($FW \times MINT^-$: $t(106) = 0.5, p = 0.593^{ns}$). Gleiches gilt für $MINT^+$ ($FW \times MINT^+$: $t(134) = 1.9, p = 0.059$). Die Modellverbesserung ist signifikant ($\Delta D = \chi^2(3) = 9.8, p = 0.02^*$).

Als nächstes wird der Einfluss des *fachdidaktischen Wissens* geprüft. Dazu wird das Modell um den Gesamtscore des fachdidaktischen Wissens der Betreuer (FDW) erweitert. Es zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang im Sinne eines Haupteffekts ($t(12) = -0.4, p = 0.702^{ns}$). Auch Interaktionseffekte mit Interessengruppen werden statistisch nicht bedeutsam.

Die Güte des Modells verbessert sich von A3 auf A4 mit $R_{mA4}^2 = 0.223, R_{cA4}^2 = 0.32$ ($\Delta R_{mA3A4}^2 = 0.015, \Delta R_{cA3A4}^2 = 0.006$).

A5 In den folgenden Modellserien A5 bis A7 soll der Einfluss der (neben dem Professionswissen) *weiteren Aspekte prof. Handlungskompetenz* nach Baumert und Kunter (2006) geprüft werden.

Dies erfolgt analog zu FFa. Da zwischen den Variablen für *Werthaltungen, motivationalen Orientierungen*, sowie *selbstregulativen Fähigkeiten der Betreuer* (WNM, WSO, MSP & MEN, RZ & RD) Korrelationen bestehen (Problem der Multikollinearität), wird im Folgenden nur jeweils *eine Variable* stellvertretend für den jeweiligen Aspekt von prof. Handlungskompetenz geprüft (vgl. dazu Tab. 89 auf Seite 243), sodass die simultane Modellierung der Prädiktoren möglich ist:

- *Werthaltungen*: Schülerorientierung beim Experimentieren (WSO), korreliert signifikant mit Aufgeschlossenheit für neue Medien (WNM); Modellserie A5
- *Motivation*: Enthusiasmus für Naturwissenschaften (MEN), korreliert signifikant schwach mit SWE bzgl. Physik zu lehren (MSP); Modellserie A6
- *Selbstregulation*: Distanzierungsfähigkeit (RD), korreliert mittel mit Zielstrebigkeit (RZ); Modellserie A7

In dieser Modellserie (A5) soll der Einfluss der *Werthaltungen* der Betreuer geprüft werden. Dazu wird A4 zunächst um die *Schülerorientierung der Betreuer* (WSO) erweitert. Es zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang im Sinne eines Haupteffekts ($t(9) = -0.9, p = 0.376^{ns}$).

A6 & A7 Auch weitere entsprechend Tab. 99 durchgeführte Modellanpassungen bzgl. der *motivationalen Orientierungen* (A6) und der *selbstregulativen Fähigkeiten der Betreuer* (A7) durch Prüfung von Haupt- und Interaktionseffekten mit dem Interessentyp der Schüler bleiben insignifikant.

Da kein Prädiktor der Modellserien A5 bis A7 Signifikanz aufwies, wurde das Modell nicht erweitert (A7=A4).

A8 Abschließend soll der Einfluss der *wahrgenommenen sozialen Kompetenz der Betreuer* geprüft werden. Da die Prädiktoren der jeweiligen Ausprägungen von sozialer Kompetenz (*soziale Orientierung, Offensivität, Selbststeuerung und Flexibilität der Betreuer*) jedoch alle signifikant miteinander korrelieren, liegt zwischen diesen Variablen *Multikollinearität* vor; diese dürfen deshalb nicht simultan in Mehrebenenstrukturen modelliert werden. Daher erfolgt stellvertretend für alle wahrgenommenen sozialen Kompetenzen der Betreuer nur die Prüfung des Prädiktors *soziale Orientierung des Betreuers*.

Dazu wird das Modell nur um den Prädiktor erweitert. Es zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang im Sinne eines Haupteffekts ($\beta_7 = 0.145, t(939) = 2.2, p = 0.031^*$). Dieser variiert nicht signifikant zwischen den Gruppen bzw. den Betreuern. Die Modellverbesserung durch Hinzufügen des Prädiktors ist signifikant ($\Delta D = \chi^2(1) = 4.7, p = 0.03^*$). Damit verbessert sich die Modellgüte auf $R_{mA8}^2 = 0.227, R_{cA8}^2 = 0.325$ ($\Delta R_{mA4A8}^2 = 0.004, \Delta R_{cA4A8}^2 = 0.004$).

GESAMTMODELL A Das Gesamtmodell für den Zusammenhang zwischen Betreuermerkmalen und kognitiver Aktivierung der Schüler ergibt sich somit wie in Tab. 101 dargestellt.

Tab. 101: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse der kognitiven Aktivierung (Modellserie A; $N = 1002$; $R_m^2 = 0.227, R_c^2 = 0.325$).

FESTE EFFEKTE	df	t	p	β_i	se	β_i^{std}
(Intercept)	48	13.3	<0.001***	1.938	0.146	
Physiknote	856	-2.2	0.027*	-0.045	0.020	-0.067
Geschlecht (weiblich)	756	-2.6	0.01*	-0.090	0.035	-0.076
Typ (MINT ⁻)	106	-1.8	0.068 ^o			
Typ (MINT ⁺)	172	5.1	<0.001***	0.214	0.042	0.179
Betreuer-Schüler-Bez.	800	11.1	<0.001***	0.328	0.030	0.322
Fachwissen	6	-2.6	0.041*	-0.315	0.122	-0.102
Soziale Kompetenz	939	2.2	0.031*	0.145	0.067	0.062
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	s ²	sd			s ²	sd
E1: (Intercept)	0.235	0.484	E2: Typ (MINT+)		0.036	0.189
E2: (Intercept)	0.020	0.141	E3: (Intercept)		0.002	0.043
E2: Typ (MINT-)	0.043	0.207				
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.091 (+0.091)		0.227 (+0.135)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.116	0.233 (+0.117)		0.325 (+0.091)		

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., se: Standardfehler, d: Cohens d, df: Freiheitsgrade, s²|sd: Varianz|Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales|konditionales R²; ^op<0.1, *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

MODELLSERIEN B BIS F Für die weiteren Qualitätsmerkmale wurden analog Mehrebenenanalysen durchgeführt (Modellserien B bis F). Geprüft wurden alle in der Variablenübersicht (Tab. 99) aufgeführten Kontrollvariablen und Prädiktoren. Die Gesamtmodelle sind im Folgenden dokumentiert.

Tab. 102: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse der konstruktiven Unterstützung (Modellserie B; $N = 1002$; $R_m^2 = 0.306$, $R_c^2 = 0.393$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	115	16.9	<0.001***	1.801	0.107	
Typ (MINT ⁻)	960	0.7	0.458 ^{ns}			
Typ (MINT ⁺)	968	3.7	<0.001***	0.107	0.029	0.107
Betreuer-Schüler-Bez.	134	15.2	<0.001***	0.439	0.029	0.517
Soziale Kompetenz	975	2.3	0.019*	0.124	0.053	0.063
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.146	0.382	E2: Betr.-Schüler-Bez.		0.026	0.163
E2: (Intercept)	0.440	0.663	E3: (Intercept)		0.002	0.047
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.014 (+0.014)		0.306	(+0.292)	
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.138	0.152 (+0.013)		0.393	(+0.241)	

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz|Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales|konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 103: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse bzgl. lernfreundliches Klima (Modellserie C; $N = 1002$; $R_m^2 = 0.437$, $R_c^2 = 0.595$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	14	15.7	<0.001***	1.892	0.120	
Physiknote	276	-2.1	0.034*	-0.026	0.012	-0.049
Geschlecht (weiblich)	187	2.4	0.017*	0.054	0.022	0.058
Betreuer-Schüler-Bez.	16	16.4	<0.001***	0.508	0.031	0.630
Soziale Kompetenz	931	2.1	0.039*	0.086	0.041	0.046
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.084	0.290	E2: Physiknote		0.002	0.040
E2: (Intercept)	0.664	0.815	E3: (Intercept)		0.033	0.181
E2: Betr.-Schüler-Bez.	0.046	0.215	E3: Betr.-Schüler-Bez.		0.002	0.044
E2: Geschlecht (weibl.)	0.012	0.108				
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.011 (+0.011)		0.437	(+0.426)	
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.182	0.229 (+0.047)		0.595	(+0.366)	

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz|Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales|konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 104: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse bzgl. Klarheit (Modellserie D; $N = 1002$; $R_m^2 = 0.27, R_c^2 = 0.347$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	42	13.4	<0.001***	1.879	0.140	
Schulart (Gymnasium)	205	5.0	<0.001***	0.209	0.042	0.149
Geschlecht (weibl.)	151	-2.6	0.01*	-0.102	0.039	-0.078
Typ (MINT ⁻)	109	-2.2	0.029*	-0.113	0.051	-0.071
Typ (MINT ⁺)	200	7.7	<0.001***	0.328	0.043	0.246
Betreuer-Schüler-Bez.	689	11.8	<0.001***	0.368	0.031	0.323
Fachwissen	5	-3.4	0.018*	-0.382	0.112	-0.110

ZUFÄLLIGE EFFEKTE	s^2	<i>sd</i>		s^2	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.283	0.532	E2: Typ (MINT-)	0.018	0.134
E2: (Intercept)	0.028	0.169	E2: Typ (MINT+)	0.027	0.164
E2: Geschlecht (weibl.)	0.020	0.142	E3: (Intercept)	0.001	0.025

VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren \equiv Gesamtmodell
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.142 (+0.142)	0.270 (+0.128)
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.134	0.281 (+0.147)	0.347 (+0.066)

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, $s^2|sd$: Varianz|Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales|konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 105: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse der Kommunikation (Modellserie E; $N = 996$; $R_m^2 = 0.175, R_c^2 = 0.288$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	526	9.1	<0.001***	1.206	0.133	
Geschlecht (weibl.)	158	-3.4	<0.001***	-0.171	0.051	-0.121
Typ (MINT ⁻)	962	0.1	0.914 ^{ns}			
Typ (MINT ⁺)	983	4.2	<0.001***	0.196	0.047	0.137
Betreuer-Schüler-Bez.	810	12.0	<0.001***	0.433	0.036	0.353

ZUFÄLLIGE EFFEKTE	s^2	<i>sd</i>		s^2	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.353	0.594	E2: Geschlecht (weibl.)	0.103	0.322
E2: (Intercept)	0.046	0.215	E3: (Intercept)	0.002	0.048

VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren \equiv Gesamtmodell
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.046 (+0.046)	0.175 (+0.128)
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.148	0.209 (+0.061)	0.288 (+0.080)

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, $s^2|sd$: Varianz|Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales|konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

8.9.4 Einfluss der Betreuermerkmale auf kognitive Aktivierung

Das Gesamtmodell für den Zusammenhang zwischen Betreuermerkmalen und (wahrgenommener) kognitiver Aktivierung der Schüler ergibt sich wie in [Tab. 101](#) dargestellt. Die Modellgüte (R_m^2 bzw. R_c^2) ist für den modellierten Zusammenhang nicht sehr groß – nur ca. 30% der Varianz kann erklärt werden, wobei ca. 10% auf die Prädiktoren entfällt. Schüler des Interessentyps MINT⁺ weisen eine signifikant höhere Ausprägung von kognitiver Aktivierung auf.

Der größte Einfluss auf die kognitive Aktivierung stellt die *Betreuer-Schüler-Beziehung* dar; aber auch die wahrgenommene *soziale Kompetenz* des Betreuers wird als Prädiktor signifikant. Interessanterweise zeigt sich hier in Bezug auf das Fachwissen der Betreuer ein ähnlicher Effekt wie bei dem Image von Physik (FFa; [Abschnitt 8.8, Seite 233](#) f.): Je höher das Fachwissen der Betreuer, desto niedriger die Ausprägung der kognitiven Aktivierung. Dieser negative Effekt ist zudem unabhängig vom Interessentyp. Auch hier scheint eine Art „Nerd“-Effekt vorzuliegen. Denkbar ist auch, dass Betreuer mit einem hohem Fachwissen den Schülern in einem zu hohen Maße den Schülern die Zusammenhänge einfach erklären, ohne dass die Schüler wirklich selbst kognitiv aktiv werden müssen.

Auf keinen Fall jedoch darf dieser Befund so gedeutet werden, dass ein hohes Fachwissen negativ für dieses Qualitätsmerkmal ist. Vielmehr stellen die Befunde heraus, dass 1. in dem ganz konkreten Fall dieser Erhebung im Schülerlabor DeltaX Betreuer mit hohem Fachwissen aktiv waren, die es aber nicht geschafft haben, die Schüler (mehr als die Betreuer mit vergleichsweise niedrigem Fachwissen) kognitiv zu aktivieren und 2., dass Fachwissen allein eben nicht alles ist, sondern (wie die anderen Prädiktoren zeigen), die *sozialen Fähigkeiten der Betreuer* von größerer Bedeutung zu sein scheinen (Betreuer-Schüler-Beziehung, soziale Kompetenz). Vermutlich liegt das daran, dass – im Gegensatz zu einem Lehrer in der Schule – das Professionswissen der Betreuer sich aufgrund dieser nur eher *kurzen* Intervention nicht entfalten kann. Kochrezeptartige Anleitungen könnten ebenfalls die Entfaltung des Professionswissens im Schülerlabor einschränken. Allerdings enthält der Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ wenig solcher starren Anleitungen, sodass dies im Prinzip kein großes Problem darstellen dürfte. Überraschend bleibt es aber, dass das fachdidaktische Wissen der Betreuer keinen Einfluss auf die kognitive Aktivierung hat.

8.9.5 Einfluss der Betreuermerkmale auf konstruktive Unterstützung und lernfreundliches Klima

Um zu prüfen, welchen Einfluss die professionelle Handlungskompetenz der Betreuer auf die (wahrgenommene) konstruktive Unterstützung und das lernfreundliche Klima hat, wurden ebenfalls Mehrebenenanalysen durchgeführt (Modellserien B & C). Die Gesamtmodelle sind in [Tab. 102](#) (konstruktive Unterstützung) und in [Tab. 102](#) (lernfreundliches Klima) dargestellt. Durch die Modellierung kann ein Anteil von ca. 40% bzw. 60% erklärt werden (vgl. R_m^2 bzw. R_c^2). Schüler

des Interessentyps $MINT^+$ fühlen sich am Experimentiertag besser unterstützt als Schüler anderer Interessentypen ($MINT^0$ & $MINT^-$).

Wie bei der kognitiven Aktivierung (Modell A) offenbart sich auch für die konstruktive Unterstützung und für das lernfreundliche Klima, dass die *sozialen Fähigkeiten* der Betreuer eine größere Rolle spielen als das Professionswissen. So zeigen sich die *Betreuer-Schüler-Beziehung* und die wahrgenommene *soziale Kompetenz* des Betreuers als signifikanter Prädiktor für diese beiden Betreuungsmerkmale am Versuchstag. Das standardisierte Regressionsgewicht für die Betreuer-Schüler-Beziehung fällt im Vergleich zur kognitiven Aktivierung sogar größer aus. Besonders für das lernfreundliche Klima scheint für eine gute Betreuer-Schüler-Beziehung maßgeblich verantwortlich zu sein: Allein durch die Betreuer-Schüler-Beziehung und die soziale Kompetenz der Betreuer können ca. 37% der Varianz erklärt werden.

8.9.6 Einfluss der Betreuermerkmale auf Klarheit

Die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse zum Einfluss von professioneller Handlungskompetenz der Betreuer auf die wahrgenommene Klarheit am Experimentiertag sind in [Tab. 104](#) dargestellt. Dieses Modell erklärt einen Anteil von ca. 35% der Varianz (vgl. R_m^2 bzw. R_c^2).

In Bezug auf die Interessentypen zeigt sich, dass die Klarheit des Experimentiertags von wenig interessierten Schülern ($MINT^-$) am niedrigsten und von stark interessierten Schülern ($MINT^+$) als am höchsten eingeschätzt wird.

Im Hinblick auf die Prädiktoren für die Klarheit am Versuchstag ergeben sich sehr ähnliche Befunde wie bei der kognitiven Aktivierung: Auch für dieses Qualitätsmerkmal guter Betreuung wird die Betreuer-Schüler-Beziehung als statistisch bedeutsamer Prädiktor identifiziert; zudem zeigt sich ein negativer und vom Interessentyp unabhängiger Effekt für das Fachwissen der Betreuer. Darüber hinaus sind die standardisierten Regressionsgewichte der beiden Prädiktoren in der gleichen Größenordnung.

Wie schon bei der kognitiven Aktivierung darf auch dieser Befund nicht dahingehend gedeutet werden, dass ein hohes Fachwissen negativ für dieses Qualitätsmerkmal sei. Vielmehr decken sich die angenommenen Gründe für das Zustandekommen dieser Effekte, sowie deren Interpretation mit denen für die kognitive Aktivierung ([Abschnitt 8.9.4, Seite 261](#)); wobei auch hier überrascht, dass das fachdidaktische Wissen der Betreuer als Prädiktor nicht signifikant wird.

8.9.7 Einfluss der Betreuermerkmale auf Kommunikation

Abschließend sind die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse zum Einfluss von professioneller Handlungskompetenz auf den wahrgenommenen Anteil von guter Kommunikation am Versuchstag in [Tab. 105](#) dargestellt. Durch die Modellierung kann nur ein Anteil von ca. 30% erklärt werden (vgl. R_m^2 bzw. R_c^2).

Wie schon bei allen anderen geprüften Qualitätsmerkmalen wird auch hier die Betreuer-Schüler-Beziehung als Prädiktor signifikant. Andere Einflussgrößen (Kontrollvariablen ausgenommen) und damit auch insbesondere das Professionswissen der Betreuer bzw. weitere Aspekte prof. Handlungskompetenz haben keinen Einfluss auf den wahrgenommenen Anteil von guter Kommunikation am Experimentiertag.

8.9.8 Kurzzusammenfassung der zentralen Ergebnisse zu *FFb*

1. *Bedeutung von sozialen Aspekten der Betreuer:* Die Betreuer-Schüler-Beziehung hat nicht nur auf alle hier geprüften Merkmale von Betreuung einen Einfluss, sondern stellt auch immer die stärkste Einflussgröße dar. Für die kognitive Aktivierung, die konstruktive Unterstützung sowie das lernförderliche Klima ist zudem die wahrgenommene soziale Kompetenz der Betreuer bedeutsam. Zusammen mit dem Ergebnis, dass durch die professionelle Handlungskompetenz der Betreuer kein positiver Effekt nachgewiesen werden konnte, scheint es auch im Hinblick auf die Wahrnehmung von Betreuungsqualität im Schülerlabor bedeutender zu sein, dass die Betreuer von den Schülern akzeptiert und gemocht werden. Dies deckt sich mit den Befunden von *FFa*, aus denen hervorgeht, dass auch für die Wirksamkeit von Schülerlaboren die sozialen Fähigkeiten der Betreuer von besonderer (und in Bezug auf das Professionswissen größerer) Bedeutung sind.
2. *Einfluss auf kognitive Aktivierung und Klarheit:* Neben der *Betreuer-Schüler-Beziehung* wird die von den Schülern wahrgenommene *soziale Kompetenz* der Betreuer bedeutsam. Da für kognitive Aktivierung und Klarheit jeweils negative Effekte für das Fachwissen der Betreuer gefunden wurden, verdeutlichen die Ergebnisse zudem, dass Betreuer mit hohem Fachwissen nicht automatisch bessere Betreuer im Schülerlabor darstellen, sondern (wie die anderen Prädiktoren zeigen), die sozialen Fähigkeiten der Betreuer (im Kontext Schülerlabor) von größerer Bedeutung zu sein scheinen (*Betreuer-Schüler-Beziehung*, *soziale Kompetenz*). Auf keinen Fall jedoch darf dieser Befund so gedeutet werden, dass ein hohes Fachwissen negativ für diese Qualitätsmerkmale sei. Vielmehr wird so indirekt die Bedeutung der pädagogischen und fachdidaktischen Kompetenzen der Betreuer hervorgehoben.
3. *Einfluss auf konstruktive Unterstützung und lernförderliches Klima:* Für die beiden Qualitätsmerkmale *konstruktive Unterstützung* und *lernförderliches Klima* zeigen die Ergebnisse, dass die *Betreuer-Schüler-Beziehung* von besonders großer Bedeutung ist.

8.10 FORSCHUNGSFRAGE – TEIL C: BETREUUNGSQUALITÄT & ZIELVARIABLEN

FFc Welche Verbindung besteht zwischen den von Lernenden wahrgenommenen Qualitätsmerkmalen der Betreuung (Kognitive Aktivierung, Konstruktive Unterstützung, Lernförderliches Klima, Klarheit, Kommunikation) und den Zielvariablen von Schülerlaboren (Interesse, Image und Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf Physik und Naturwissenschaften)?

8.10.1 Methodik, Variablen & Vorgehen

METHODE Methodisch erfolgt die Untersuchung der Zusammenhänge analog zu FFa & FFb (Abschnitt 8.8, Seite 233) durch eine Mehrebenenanalyse vgl. Kapitel 6). Die hierarchische Strukturierung der Stichprobe ist Abschnitt 8.1 auf Seite 191 dargestellt. Ebene 1 bilden die *Schüler*. Diese können eindeutig einer bestimmten *Gruppe* zugeordnet werden, in der sie den Experimentiertag zusammen erlebt haben (Ebene 2). Die Gruppen wiederum werden am Experimentiertag nur von einem *Betreuer* angeleitet (Ebene 3).

VARIABLENÜBERSICHT Im Zuge der weiteren Analysen ist es hilfreich, die zu untersuchenden abhängigen und unabhängigen Variablen (AV & UV) gegenüberzustellen. Auch dies soll analog zu FFa (Abschnitt 8.8, Seite 233) erfolgen: Tab. 106 stellt alle UV (Prädiktoren, Kontrollvariablen) und AV gegenüber, die für die Beantwortung von FFc bedeutsam sind.

MODELLIERUNGSREIHENFOLGE Untersucht wird der Einfluss auf die Zielvariablen von Schülerlaboren durch die in Tab. 106 aufgelisteten Prädiktoren jeweils in eigenen *Modellserien*. Das einer AV zugeordnete Modell ist dabei mit einem Buchstaben abgekürzt; dieser Buchstabe steht in der Tabelle jeweils ganz links vor dem Kürzel der AV.

Die Variablen werden in der nachfolgend geschilderten Reihenfolge in das Modell aufgenommen:

1. Zunächst erfolgt die Ermittlung der Verteilung der Varianzanteile auf die drei Ebenen durch das *Nullmodell* (Modellnummer 0).
2. Danach werden analog zu FFa (Abschnitt 8.8, Seite 233) schrittweise die Kontrollvariablen in das Modell eingeführt und auf statistische Bedeutsamkeit untersucht (Modellnummern 1, 2 & 3).
3. Die Prüfung des Einflusses von Betreuungsmerkmalen auf die Zielvariablen des Schülerlaborbesuchs stellt den Kern von FFc dar. Daher werden die Prädiktoren *Kognitive Aktivierung*, *Konstruktive Unterstützung*, *Lernförderliches*

Klima, Klarheit und Kommunikation jeweils einzeln modelliert (Modellnummern 4 bis 8).

Da sich die Wirkung von Schülerlaborbesuchen je nach Interessentyp unterscheidet (vgl. H1 bis H4: Abschnitt 8.3 auf Seite 206 ff. bzw. Pawek, 2009; Streller, 2015; Weißnigk, 2013) und vermutet wird, dass die Betreuungsqualität ebenfalls einen Einfluss auf die Wirksamkeit hat, sollten auch evtl. Interaktionseffekte zwischen Betreuungsmerkmalen und den Interessentypen untersucht werden. Daher werden auch hier analog zu FFa (für alle Betreuungsmerkmale) zusätzlich Interaktionseffekte bzgl. der *Interessentypen* (MINT^{+|o|-}) geprüft (in Tab. 87 durch * gekennzeichnet).

Tab. 106: Variablenübersicht zu FFc.

#	KÜRZEL	BEZEICHNUNG	ERHEB.	N	\bar{x}	sd
ABHÄNGIGE VARIABLEN (JEWEILS POST-FRAGEBOGEN)						
A	AlntEm	Aktuelles Interesse – emotionale Komp.	5L3	1482	3.11	0.79
B	AlntW	Aktuelles Interesse – wertebez. Komp.	5L3	1482	2.97	0.78
C	AlntEp	Aktuelles Interesse – epistem. Komp.	5L4	1482	2.14	0.83
D	DIntSPh	Sachinteresse Physik	5L4	1471	1.65	0.97
E	DIntFPh	Fachinteresse Physik	5L4	1471	2.21	0.96
F	ImgFPh	Image des Fachs Physik	6L4	1476	3.34	0.91
G	ImgWPh	Image der Wissenschaft Physik	6L4	1476	4.04	0.77
H	SWEPh	Selbstwirksamkeitserw. im Fach Physik	5L4	1467	2.29	0.88
I	SWEEp	SWE Experimentieren im Fach Physik	5L4	1467	2.56	0.73
KONTROLLVARIABLEN						
1	Pre-Score	jeweils die Ausprägung der AV im Pre-Fragebogen (wenn erhoben).				
2	NotePh	Schulnote im Fach Physik	nom.	1477	2.55	0.89
	SArt	Schulart (Dummy-Variable)	nom.	1940	–	–
3	Geschl	Schüler-Geschlecht (Dummy-Variable)	nom.	1490	–	–
	Typ	Interessentyp (MINT ^{+ o -} ; Dummy-V.)	LCA	1940	–	–
PRÄDIKTOREN (WAHRNEHMUNG DURCH LERNENDE – POST-FRAGEBOGEN)						
4	Aktiv*	Kognitive Aktivierung	5L6	1483	2.85	0.61
5	Unt*	Konstruktive Unterstützung	5L4	1483	3.44	0.51
6	Klima*	Lernfreundliches Klima	5L3	1473	3.66	0.47
7	Klar*	Klarheit	5L4	1483	3.07	0.67
8	Komm*	Kommunikation	5L4	1471	2.69	0.74

mLn: m-stufige Likert-Skala mit n Items (Wertebereich von 0 bis m – 1), nom.: nominal, N: Stichprobenumfang, \bar{x} : Mittelwert, sd: Standardabweichung, *Bei diesen Variablen Untersuchung von Interaktionseffekten mit Interessentyp.

VORGEHENSWEISE Für jede in [Tab. 106](#) aufgelistete AV ist der Einfluss der Kontrollvariablen und Prädiktoren jeweils in eigenen Modellserien durch (schrittweise) Entwicklung der Modelle zu prüfen. Die Reihenfolge, in der die UV in das Modell aufgenommen werden, ist ebenfalls aus [Tab. 106](#) ablesbar: Analog zum Buchstaben des Modells stehen vor den Kontroll- und Prädiktorvariablen (UV) *Ziffern*, die die Reihenfolge angeben, in der die Variablen in das Modell aufgenommen werden. Dabei unterscheidet sich die prinzipielle Vorgehensweise nicht von [FFa](#) bzw. [FFb](#). Daher wird für eine ausführliche Beschreibung auf [Abschnitt 8.8.2 \(Seite 237\)](#) verwiesen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird das für alle Modellserien der [FFc](#) (A bis I) identische Vorgehen in Kurzform dargelegt:

1. Die Mehrebenenanalyse beginnt mit der *Überprüfung der Verteilung der Varianzanteile* der abhängigen Variablen auf die einzelnen Ebenen durch Formulierung des *Nullmodells*.
2. Im Anschluss erfolgt die *schrittweise Modellentwicklung* separat für jede AV. Die Reihenfolge, in der die UV in das Modell aufgenommen werden, wird von der Ziffer vor den Kontroll- und Prädiktorvariablen (UV) in [Tab. 106](#) angegeben. *Prädiktoren* (bzw. Kontrollvariablen) werden in das Modell aufgenommen und im Sinne eines *Haupteffektes (fester Effekt)* auf Signifikanz untersucht (bei Signifikanz Angabe der *unstandardisierten Regressionsgewichte*, sonst Entfernung aus Modell).

Ist der Prädiktor im Sinne eines Haupteffektes (fester Effekt) signifikant, erfolgt zusätzlich die Prüfung auf (*zufällige Effekte*) (Variation des Effekts zwischen den Ebene-2- bzw. Ebene-3-Einheiten).

Der *Modellvergleich* erfolgt mittels χ^2 -Teststatistik, sowie der Veränderung der *Devianz D* mit der Faustregel: ΔD sollte mindestens dem Doppelten der Differenz der Freiheitsgrade entsprechen (Kreft & De Leeuw, 1999).

Kategoriale Variablen (Schulart, Geschlecht und Interessentyp) werden als *Dummy-Variablen* in das Modell aufgenommen. Kodierung: 0: Oberschule, 1: Gymnasium (*Schulart*); 0: männlich, 1: weiblich (*Geschlecht*) bzw. 0: MINT⁰ und 1: MINT⁻ bzw. 1':MINT⁺ (*Interessentyp*)²⁷.

3. *Interaktionseffekte* werden für alle Prädiktoren mit der Variable *Interessentyp* (MINT^{+|0|-}) geprüft. Die Interaktion ist durch das Zeichen \times zwischen den Prädiktoren dargestellt.
4. Für das Gesamtmodell erfolgt zur besseren Vergleichbarkeit zusätzlich die Angabe der *standardisierten Regressionsgewichte*.

8.10.2 Varianzverteilung auf die Ebenen (Nullmodell)

Den Ausgangspunkt der Modellentwicklungen für alle Modellserien stellt wieder die Ermittlung der Verteilung der Varianzanteile auf die drei Ebenen durch das

²⁷ „Baseline“: männlicher Schüler an einer Oberschule des Interessentyps MINT⁰.

Nullmodell aller Zielvariablen (AV) dar. Da noch keine Prädiktoren in das Modell aufgenommen wurden, unterscheiden sich die Nullmodelle nicht zur Verteilung in FFa. Daher wird für die Varianzverteilung auf [Abschnitt 8.8.3 \(Seite 239\)](#) verwiesen.

8.10.3 Mehrebenenanalyse (Modellserien A bis I)

Im Folgenden wird geprüft, welchen Einfluss (Effekt) die in [Tab. 106](#) aufgeführten Qualitätsmerkmale auf die *Zielvariablen von Schülerlaboren* haben. Dabei wird zwischen *festen Effekten* (Einfluss im Sinne eines Haupteffekts) und *zufälligen Effekten* (Variation der Parameterschätzung zwischen den Einheiten auf Gruppenebene E2 bzw. auf Betreurebene E3) unterschieden.

Für alle Modellserien (A bis I) wird dabei lediglich das Gesamtmodell präsentiert, da sich das Vorgehen prinzipiell nicht von [FFa \(Abschnitt 8.8.2; Seite 237\)](#) unterscheidet.

Tab. 107: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses (Modellserie A; $N = 1451$; $R_m^2 = 0.398$, $R_c^2 = 0.539$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	227	0.8	0.428 ^{ns}			
Fachinteresse Physik	1372	5.5	<0.001 ^{***}	0.110	0.020	0.132
Typ (MINT ⁻)	1397	-2.0	0.046 [*]	-0.085	0.043	-0.044
Typ (MINT ⁺)	1342	-0.8	0.398 ^{ns}			
Kognitive Aktivierung	198	8.1	<0.001 ^{***}	0.333	0.041	0.254
Konstr. Unterstützung	1215	7.4	<0.001 ^{***}	0.283	0.038	0.180
Klarheit	213	5.5	<0.001 ^{***}	0.208	0.038	0.175
Kommunikation	1376	4.0	<0.001 ^{***}	0.094	0.024	0.088
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.276	0.526	E2: Lernf. Klima		0.047	0.217
E2: (Intercept)	0.575	0.758	E3: (Intercept)		0.157	0.397
E2: Klarheit	0.058	0.240	E3: Lernf. Klima		0.012	0.111
E2: Kogn. Aktiv.	0.083	0.288				
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.134 (+0.134)	0.398 (+0.265)			
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.144	0.277 (+0.133)	0.539 (+0.262)			

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *d*: Cohens *d*, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz|Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales|konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 108: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse der wertebezogenen Komponente des aktuellen Interesses (Modellserie B; $N = 1451$; $R_m^2 = 0.356$, $R_c^2 = 0.458$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	356	2.1	0.036*	0.270	0.128	
Fachinteresse Physik	1208	4.5	<0.001***	0.083	0.018	0.102
Kognitive Aktivierung	216	8.8	<0.001***	0.362	0.041	0.283
Konstr. Unterstützung	1315	4.1	<0.001***	0.159	0.039	0.104
Klarheit	199	6.3	<0.001***	0.243	0.039	0.210
Kommunikation	1384	3.0	0.003**	0.074	0.025	0.070
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.317	0.563	E2: Klarheit		0.063	0.251
E2: (Intercept)	0.324	0.570	E2: Kogn. Aktiv.		0.060	0.245
E2: Geschlecht (weibl.)	0.007	0.082	E3: (Intercept)		0.001	0.031
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.096 (+0.096)		0.356 (+0.259)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.123	0.241 (+0.118)		0.458 (+0.217)		

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz | Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales | konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 109: Gesamtmodell zur Mehrebenenanalyse der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses (Modellserie C; $N = 1451$; $R_m^2 = 0.419$, $R_c^2 = 0.542$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	304	-3.4	<0.001***	-0.383	0.114	
Fachinteresse Physik	170	6.9	<0.001***	0.165	0.024	0.188
Typ (MINT ⁻)	166	-4.3	<0.001***	-0.221	0.051	-0.109
Typ (MINT ⁺)	255	0.6	0.546 ^{ns}			
Kognitive Aktivierung	1394	12.5	<0.001***	0.460	0.037	0.333
Klarheit	1392	5.5	<0.001***	0.185	0.034	0.148
Kommunikation	208	4.2	<0.001***	0.122	0.029	0.107
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.319	0.565	E2: Typ (MINT ⁻)		0.081	0.285
E2: (Intercept)	0.578	0.760	E2: Typ (MINT ⁺)		0.023	0.152
E2: Fachinteresse Ph	0.015	0.122	E3: (Intercept)		0.000	0.000
E2: Kommunikation	0.037	0.193				
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.214 (+0.214)		0.419 (+0.204)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.122	0.388 (+0.266)		0.542 (+0.153)		

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz | Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales | konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 110: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zum Fachinteresse Physik (Modellserie D; $N = 1446$; $R_m^2 = 0.703$, $R_c^2 = 0.704$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	492	-2.2	0.028*	-0.160	0.073	
Pre-Score	1437	51.0	<0.001***	0.815	0.016	0.788
Kognitive Aktivierung	1421	5.6	<0.001***	0.148	0.027	0.092
Kommunikation	1403	2.8	0.005**	0.059	0.021	0.044
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.279	0.528	E3: (Intercept)		0.000	0.022
E2: (Intercept)	0.000	0.000				
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell		+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren \equiv Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.690 (+0.690)		0.703 (+0.013)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.131	0.692 (+0.561)		0.704 (+0.011)		

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz | Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales | konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 111: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zum Sachinteresse Physik (Modellserie E; $N = 1446$; $R_m^2 = 0.763$, $R_c^2 = 0.788$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	587	2.1	0.041*	0.184	0.090	
Pre-Score	245	43.0	<0.001***	0.767	0.018	0.760
Physiknote	1187	-2.9	0.004**	-0.044	0.015	-0.041
Typ (MINT ⁻)	1365	-3.1	0.002**	-0.106	0.034	-0.045
Typ (MINT ⁺)	1382	2.7	0.008**	0.082	0.031	0.042
Kognitive Aktivierung	298	3.8	<0.001***	0.109	0.029	0.069
Klarheit	1353	2.8	0.005**	0.069	0.025	0.048
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.191	0.437	E2: Lernf. Klima		0.035	0.186
E2: (Intercept)	0.335	0.579	E2: Pre-Score		0.010	0.098
E2: Kogn. Aktiv.	0.020	0.140	E3: (Intercept)		0.000	0.000
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell		+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren \equiv Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.751 (+0.751)		0.763 (+0.012)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.202	0.765 (+0.563)		0.788 (+0.024)		

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz | Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales | konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 112: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zum Image bzgl. des Unterrichtsfachs Physik (Modellserie F; $N = 1448$; $R_m^2 = 0.561$, $R_c^2 = 0.561$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	1439	1.7	0.082 [°]			
Pre-Score	1439	34.4	<0.001***	0.758	0.022	0.686
Geschlecht (weiblich)	1439	2.4	0.018*	0.081	0.034	0.045
Schulart (Gymnasium)	1439	-4.1	<0.001***	-0.143	0.035	-0.074
Typ (MINT ⁻)	1439	-3.2	0.001**	-0.141	0.044	-0.064
Typ (MINT ⁺)	1439	-0.8	0.443 ^{ns}			
Konstr. Unterstützung	1439	2.6	0.008**	0.100	0.038	0.055
Klarheit	1439	3.0	0.002**	0.093	0.031	0.068
Kommunikation	1439	2.6	0.01**	0.064	0.025	0.052
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.367	0.605	E3: (Intercept)		0.000	0.000
E2: (Intercept)	0.000	0.000				
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.545 (+0.545)	0.561 (+0.016)			
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.101	0.545 (+0.444)	0.561 (+0.016)			

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz | Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales | konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 113: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zum Image bzgl. der Wissenschaft Physik (Modellserie G; $N = 1448$; $R_m^2 = 0.526$, $R_c^2 = 0.606$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	175	2.4	0.015*	0.361	0.148	
Pre-Score	219	27.9	<0.001***	0.644	0.023	0.654
Konstr. Unterstützung	190	3.8	<0.001***	0.150	0.040	0.100
Lernförderliches Klima	148	2.8	0.006**	0.106	0.038	0.066
Klarheit	1403	3.7	<0.001***	0.091	0.025	0.080
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.229	0.478	E2: Lernf. Klima		0.043	0.208
E2: (Intercept)	0.652	0.808	E2: Pre-Score		0.032	0.179
E2: Konstr. Unt.	0.067	0.259	E3: (Intercept)		0.000	0.000
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	≡ Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.495 (+0.495)	0.526 (+0.031)			
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.054	0.543 (+0.488)	0.606 (+0.063)			

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz | Standardabw., $R_{m|c}^2$: marginales | konditionales R^2 ; ° $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Tab. 114: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zur Selbstwirksamkeitserwartung bzgl. des Unterrichtsfachs Physik (Modellserie H; $N = 1446$; $R_m^2 = 0.744$, $R_c^2 = 0.772$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	282	1.3	0.197 ^{ns}			
Pre-Score	450	38.2	<0.001 ^{***}	0.757	0.020	0.732
Physiknote	1320	-4.6	<0.001 ^{***}	-0.072	0.015	-0.074
Kognitive Aktivierung	180	2.1	0.036 [*]	0.059	0.028	0.041
Klarheit	814	2.8	0.005 ^{**}	0.068	0.024	0.052
Lernf. Klima (MINT ⁰)	335	2.3	0.021 [*]	0.064	0.028	0.132
Klima \times MINT ⁻	358	1.7	0.088 ^o			
Klima \times MINT ⁺	352	3.3	0.001 ^{**}	0.092	0.028	0.196
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.171	0.413	E2: Lernf. Klima		0.007	0.083
E2: (Intercept)	0.280	0.529	E2: Pre-Score		0.008	0.090
E2: Klarheit	0.002	0.040	E3: (Intercept)		0.000	0.000
E2: Kogn. Aktiv.	0.024	0.154				
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	\equiv Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.730 (+0.730)		0.744 (+0.014)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.145	0.742 (+0.598)		0.772 (+0.029)		

Tab. 115: Gesamtmodell der Mehrebenenanalyse zur Selbstwirksamkeitserwartung bzgl. Experimentieren in Physik (Modellserie I; $N = 1446$; $R_m^2 = 0.632$, $R_c^2 = 0.655$).

FESTE EFFEKTE	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	β_i	<i>se</i>	β_i^{std}
(Intercept)	170	-1.0	0.333 ^{ns}			
Pre-Score	1408	31.2	<0.001 ^{***}	0.627	0.020	0.605
Schulart (Gymnasium)	183	2.1	0.041 [*]	0.057	0.028	0.037
Typ (MINT ⁻)	1435	-0.1	0.935 ^{ns}			
Typ (MINT ⁺)	1413	5.9	<0.001 ^{***}	0.166	0.028	0.112
Kognitive Aktivierung	1430	3.9	<0.001 ^{***}	0.100	0.026	0.083
Lernförderliches Klima	164	2.8	0.006 ^{**}	0.082	0.029	0.053
Klarheit	1430	6.0	<0.001 ^{***}	0.146	0.024	0.134
ZUFÄLLIGE EFFEKTE	<i>s</i> ²	<i>sd</i>			<i>s</i> ²	<i>sd</i>
E1: (Intercept)	0.180	0.424	E2: Lernf. Klima		0.022	0.150
E2: (Intercept)	0.265	0.515	E3: (Intercept)		0.000	0.021
VARIANZAUFKLÄRUNG	Nullmodell	+ Kontrollvariablen	+ Prädiktoren	\equiv Gesamtmodell		
R_m^2 (ΔR_m^2)	0	0.594 (+0.594)		0.632 (+0.038)		
R_c^2 (ΔR_c^2)	0.175	0.608 (+0.433)		0.655 (+0.047)		

Hinweise: $\beta_i^{(std)}$: (standardisierte) Regressionskoeff., *se*: Standardfehler, *df*: Freiheitsgrade, *s*²|*sd*: Varianz | Standardabw., R_m^2 : marginales | konditionales R^2 ; ^o $p < 0.1$, ^{*} $p < 0.05$, ^{**} $p < 0.01$, ^{***} $p < 0.001$.

8.10.4 Einfluss der Betreuungsqualität auf aktuelles Interesse

Die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse zum Einfluss der Betreuungsmerkmale (Betreuungsqualität) auf die drei Komponenten des aktuellen Interesses sind in [Tab. 107](#) (emotionale Komponente), [Tab. 108](#) (wertebezogene Komponente) & [Tab. 109](#) (epistemische Komponente) dargestellt.

Für alle drei Komponenten des aktuellen Interesses kann durch die *Qualitätsmerkmale von Betreuung* (Prädiktoren) und die Kontrollvariablen ca. 50% der Varianz erklärt werden (R_c^2). Dieser Anteil ist größer als die Varianz, die durch die Betreuermerkmale (also die Aspekte professioneller Handlungskompetenz von Betreuenden) erklärt werden kann (vgl. die Befunde zu [FFa: Abschnitt 8.8, Seite 233](#) ff.).

Allein durch die Prädiktoren (also die Qualitätsmerkmale der Betreuung) können für die emotionale Komponente ca. 26%, für die wertebezogene Komponente etwa 22% und für die epistemische Komponente ca. 15% der Varianz erklärt werden. Den größten Einfluss auf alle 3 Komponenten hat dabei die *kognitive Aktivierung*, aber auch die *Klarheit* und die *Kommunikation* werden als bedeutsame Einflussfaktoren identifiziert. Für die emotionale und die wertebezogene Komponente zeigt sich zudem die *konstruktive Unterstützung* statistisch signifikant.

Insgesamt stellen also 4 der 5 untersuchten Qualitätsmerkmale statistisch signifikante Prädiktoren für das aktuelle Interesse dar. Insbesondere die Betrachtung der (standardisierten) Regressionsgewichte zeigt, dass die kognitive Aktivierung und (mit Ausnahme der epistemischen Komponente) auch die konstruktive Unterstützung und die Klarheit das Entstehen von aktuellem Interesse am Versuchstag besser erklärt, als das individuelle Fachinteresse an Physik. Dies macht den großen Stellenwert von guter Betreuung in Schülerlaboren für das erklärte Ziel der Interessengenese deutlich.

Ohne Beachtung der hierarchischen Struktur der Stichprobe wird auch das *lernfreundliche Klima* als Prädiktor signifikant. Dieser Effekt variiert allerdings auf Gruppen- und Betreuer Ebene (E2 & E3) in einer solchen Weise, dass der Effekt des lernfreundlichen Klimas im Sinne eines *Haupteffekts* wieder verschwindet. Daher ist das lernfreundliche Klima nur noch als *zufälliger Effekt* im Modell ([Tab. 107](#)) enthalten. In herkömmlichen Regressionsanalysen wäre dieser Umstand verdeckt geblieben – der Prädiktor wäre fälschlicherweise als Haupteffekt identifiziert worden²⁸.

8.10.5 Einfluss der Betreuungsqualität auf Fach- und Sachinteresse

Nun ist zu prüfen, welchen Einfluss die wahrgenommenen Merkmale von Betreuung (Betreuungsqualität) auf das Fach- und Sachinteresse haben. Dazu werden ebenfalls Mehrebenenanalysen durchgeführt (Modellserien D & E). Geprüft wurden alle in der Variablenübersicht ([Tab. 106](#)) aufgeführten Kontrollvariablen und Prädiktoren. Die Gesamtmodelle sind in [Tab. 110](#) (Fachinteresse Physik) und [Tab. 111](#) (Sachinteresse Physik) dokumentiert.

²⁸ Die kognitive Aktivierung und die Klarheit variieren ebenfalls auf Ebene 2 (zufälliger Effekt). Dennoch bleiben die Prädiktoren im Sinne eines Haupteffekts signifikant.

Die Modellgüte (R_m^2 und R_c^2) ist für die modellierten Zusammenhänge bzgl. Fach- und Sachinteresse um ein vielfaches höher als beim aktuellen Interesse (vgl. [Abschnitt 8.10.4](#)) – ca. 70 bzw. 80% der Varianz können erklärt werden. Dies liegt vor allem an dem großen Effekt der Ausprägung des Fach- bzw. Sachinteresses im Fragebogen *vor* Beginn des Experimentiertags (Pre-Score als Kontrollvariable; $\beta_{\text{Pre-Score}}^{(\text{std})}$ in [Tab. 110](#) bzw. [111](#)).

Durch die Qualitätsmerkmale der Betreuung kann nur ein sehr geringer Teil der Varianz erklärt werden. Dies ist allerdings auch so zu erwarten gewesen, da (wie bei [FFa](#)) einerseits beide Interessen als *dispositional* und somit wenig veränderlich gelten und andererseits auch der Einfluss der Qualitätsmerkmale auf die Zielvariablen nicht aus der Theorie hervorgeht (vgl. [Kapitel 3](#)).

Auch wenn der Einfluss nur sehr klein ist, so wird dennoch für das Fach- sowie das Sachinteresse wieder die *kognitive Aktivierung* als Prädiktor signifikant. Mit noch kleinerem (standardisierten) Regressionsgewicht wird zusätzlich die *Kommunikation* (nur für Fachinteresse) und die *Klarheit* (nur für Sachinteresse) statistisch bedeutsam.

Insgesamt spricht dies also für einen geringen Einfluss der Betreuungsqualität auf das Fach- und Sachinteresse der Schüler.

8.10.6 Einfluss der Betreuungsqualität auf das Image von Physik

Die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse zum Einfluss der wahrgenommenen Merkmale von Betreuung (Betreuungsqualität) auf das Image von Physik sind in [Tab. 112](#) (Unterrichtsfach Physik) und [113](#) (Wissenschaft Physik) dargestellt.

Durch die Modellierungen kann ein Anteil von ca. 55 bis 60% erklärt werden; wobei nur ein geringer Anteil auf die Prädiktoren, also die Merkmale von Betreuung, entfallen. Im Modell drückt sich dies durch das große Regressionsgewicht der Ausprägung des Images im Fragebogen *vor* Beginn des Experimentiertags (Pre-Score als Kontrollvariable; $\beta_{\text{Pre-Score}}^{(\text{std})}$ in [Tab. 112](#) bzw. [113](#)) aus.

Es zeigen sich jedoch auch statistisch bedeutsame Prädiktoren für die Imageverbesserung von Physik während des Laborbesuchs: das *lernfreundliche Klima* und die *Klarheit*. Außerdem wird die *Kommunikation* (nur für Image von Physik als Unterrichtsfach) und die *konstruktive Unterstützung* (nur für Image von Physik als Wissenschaft) signifikant.

Insgesamt stellen also wie beim aktuellen Interesse auch insgesamt 4 der 5 untersuchten Qualitätsmerkmale statistisch signifikante Prädiktoren (mit kleinen Regressionsgewichten) dar. Erwartungsgemäß ist dabei, dass der größte Einfluss auf das Image von Physik von den Schülern selbst kommt (Pre-Score). Dass nun aber dennoch fast alle Qualitätsmerkmale als signifikante Prädiktoren identifiziert wurden, unterstreicht erneut den großen Stellenwert von guter Betreuung in Schülerlaboren für das Erreichen der gesetzten Ziele (vgl. Euler et al., [2015](#)).

8.10.7 Einfluss der Betreuungsqualität auf Selbstwirksamkeitserwartung

Abschließend sind die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse zum Einfluss der wahrgenommenen Merkmale von Betreuung (Betreuungsqualität) auf die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) im Unterrichtsfach Physik (Tab. 114) und speziell für das Experimentieren im Physikunterricht (Tab. 115) dargestellt.

Auch hier zeigt sich das gleiche Gesamtbild wie bei den vorherigen Mehrebenenanalysen zu **FFc**: Durch die Modellierungen kann insgesamt der größere Teil der Varianz erklärt werden (hier ca. 77 bzw. 66%), wobei der mit Abstand größte Teil auf die Kontrollvariable des Pre-Scores entfällt, während die Prädiktoren (Qualitätsmerkmale der Betreuung) den kleineren Teil zur Varianzaufklärung beitragen.

Für beide Ausprägungen der SWE werden die *kognitive Aktivierung*, die *Klarheit* und das *lernfreundliche Klima* als statistisch bedeutsame Einflussfaktoren identifiziert, wobei sich die Klarheit von besonderer Bedeutung für die SWE bzgl. dem Experimentieren im Physikunterricht herausstellt. Das lernfreundliche Klima hingegen wird besonders bedeutsam für die SWE allgemein im Physikunterricht – wobei stark an MINT-Themen interessierte Schüler (Interessentyp MINT⁺) noch mehr als andere Interessentypen von einem lernfreundlichen Klima profitieren.

8.10.8 Kurzzusammenfassung der zentralen Ergebnisse zu **FFc**

1. *Einfluss von Betreuung auf die Zielvariablen*: Die Ergebnisse zeigen, dass alle in dieser Studie untersuchten Betreuungsmerkmale einen Einfluss auf die Zielvariablen haben (Kognitive Aktivierung, Konstruktive Unterstützung, Lernförderliches Klima, Klarheit, Kommunikation). Allerdings werden für die verschiedenen Zielvariablen (aktuelles und dispositionales Interesse, Image, Selbstwirksamkeitserwartung) nicht immer alle bzw. dieselben Betreuungsmerkmale relevant; so ergeben sich also für spezifische Zielvariablen auch spezifische, dafür förderliche Betreuungsmerkmale.
2. *Bedeutung von kognitiver Aktivierung und Klarheit*: Die Resultate legen nahe, dass den Qualitätsmerkmalen *kognitive Aktivierung* und *Klarheit* eine besonders große Bedeutung zukommt. Zum einen wirken diese (bis auf wenige Ausnahmen; in jedem Fall aber wenigstens eine der beiden) auf alle Zielvariablen in positiver Weise. Des Weiteren weisen diese beiden Merkmale im Vergleich stets den größten Effekt auf die Zielvariablen auf; dies gilt insbesondere für das aktuelle Interesse und die Selbstwirksamkeitserwartung.
3. Die *konstruktive Unterstützung* wird zusätzlich für das aktuelle Interesse und das Image von Physik bedeutsam. Das *lernfreundliche Klima* wirkt besonders im Hinblick auf die Imageverbesserung von Physik und die Stärkung der Selbstwirksamkeitserwartung. Für die *Kommunikation* zeigt sich ein positiver (aber vergleichsweise kleiner) Effekt auf alle drei Komponenten des aktuellen Interesses und auf das Fachinteresse Physik.

8.11 ZUSAMMENFASSUNG DER MEHREBENENANALYSEN (FFA, B & C)

Die drei Aspekte der Forschungsfrage dieser Studie (FFabc) betreffen das Zusammenspiel von *professioneller Handlungskompetenz von Betreuern*, der von Schülern wahrgenommenen *Qualität der Betreuung* während des Laborbesuchs und den *Zielvariablen von Schülerlaboren*. Die Ergebnisse der hierzu durchgeführten Mehrebenenanalysen sind im Folgenden in drei übersichtlichen Tabellen dargestellt: der Zusammenhang von professioneller Handlungskompetenz der Betreuer und den Zielvariablen von Schülerlaboren in [Tab. 116 \(FFa\)](#), der Zusammenhang von professioneller Handlungskompetenz der Betreuer und den Qualitätsmerkmalen der Betreuung in [Tab. 117 \(FFb\)](#) und schließlich der Zusammenhang von Qualitätsmerkmalen der Betreuung und den Zielvariablen in [Tab. 118 \(FFc\)](#). Stark reduziert ergibt sich folgendes Gesamtbild:

DIREKTER BETREUEREINFLUSS AUF DIE ZIELVARIABLEN Es wird deutlich, dass das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen der Betreuer (im Kontext Schülerlabor) keinen bzw. nur einen sehr kleinen Einfluss auf die Zielvariablen aktuelles Interesse, Fachinteresse, Sachinteresse, Image von Physik, sowie Selbstwirksamkeitserwartung hat. Dasselbe gilt für die weiteren Aspekte professioneller Handlungskompetenz (Werthaltungen, Motivation und Selbstregulation). Den größten direkt auf den Betreuer bezogenen Einfluss auf Zielvariablen stellt die Betreuer-Schüler-Beziehung dar (insbesondere für das aktuelle Interesse und die Selbstwirksamkeitserwartung).

PROF. HANDLUNGSKOMPETENZ & BETREUUNGSQUALITÄT Auch für den Zusammenhang von professioneller Handlungskompetenz der Betreuer und den von den Schülern wahrgenommenen Qualitätsmerkmalen von Betreuung (Kognitive Aktivierung, Konstruktive Unterstützung, Lernförderliches Klima, Klarheit und Kommunikation) zeichnen die Mehrebenenanalysen ein ähnliches Bild: Die Betreuer-Schüler-Beziehung zeigt sich für alle Qualitätsmerkmale als die stärkste Einflussgröße. Zusätzlich wird die wahrgenommene soziale Kompetenz der Betreuer bedeutsam. Dies passt gut zu den Befunden von [FFa](#).

BETREUUNGSQUALITÄT & ZIELVARIABLEN Alle der hier betrachteten Betreuungsmerkmale haben einen Einfluss auf die Zielvariablen, wobei sich für verschiedene Zielvariablen jeweils spezifische, dafür förderliche Betreuungsmerkmale zeigen. Die größte Bedeutung kommt den Qualitätsmerkmalen *kognitive Aktivierung* und *Klarheit* zu. Dies gilt besonders für die Stärkung der Selbstwirksamkeitserwartung und das Auftreten von aktuellem Interesse (in allen drei Komponenten): rund 20% der Varianz des aktuellen Interesses kann durch die Betreuungsqualität erklärt werden. Dies ist insofern außergewöhnlich, da durch das Interesse an MINT-Themen und speziell dem Fachinteresse für Physik (Kontrollvariablen) nur ca. 12% erklärt werden können (emotionale und wertebezogene Komponente; Ausnahme: epistemischen Komponente mit ca. 27%).

Tab. 116: Überblick der Mehrebenenanalysen zu **FFa**: Signifikante feste Effekte auf die Zielvariablen von Schülerlaboren (bzgl. prof. Handlungskompetenz von Betreuern).

AV UV	Aktuelles Interesse (emotional)	Aktuelles Interesse (wertebez.)	Aktuelles Interesse (epistem.)	Fachinteresse Physik	Sachinteresse Physik	Image Fach Physik	Image Wissenschaft Physik	SWE Physikunterricht	SWE Experimentieren im PU
Betreuer-Schüler-Bez.	0.344	0.278	0.247	0.073		-0.057 ^{M-}	0.111	0.059	0.118
Fachwissen									
Fachdidaktisches Wissen									
Werthaltungen									
Motivation			0.047						
Selbstregulation									
Soziale Kompetenz									
KONTROLLVARIABLEN									
(Pre-Score)	0.293	0.272	0.288	0.779	0.815	0.693	0.677	0.813	0.684
Physiknote	0.092		-0.099	-0.052				-0.075	0.054
Schulart (Gymnasium)			-0.079		-0.043	-0.089			
Geschlecht (Mädchen)	0.090 ^{M+}		-0.115^{M-}	-0.041^{M-}					0.155^{M+}
Interessentyp			0.114^{M+}	0.054^{M+}					
VARIANZAUFLÖSUNG									
R^2_{ni} (Nullmodell)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R^2_{ni} (+ Kontrollvar.)	0.127	0.078	0.223	0.735	0.69	0.535	0.482	0.735	0.606
R^2_{ni} (+ Prädiktoren)	0.243 (+0.117)	0.154 (+0.075)	0.281 (+0.057)	0.742 (+0.007)	0.690 (+0.000)	0.537 (+0.002)	0.494 (+0.012)	0.740 (+0.004)	0.622 (+0.015)
R^2_c (Nullmodell)	0.155	0.148	0.119	0.19	0.12	0.113	0.065	0.132	0.177
R^2_c (+ Kontrollvar.)	0.346 (+0.191)	0.258 (+0.109)	0.362 (+0.242)	0.741 (+0.551)	0.696 (+0.575)	0.536 (+0.423)	0.551 (+0.486)	0.739 (+0.607)	0.624 (+0.448)
R^2_c (+ Prädiktoren)	0.425 (+0.079)	0.292 (+0.034)	0.378 (+0.016)	0.761 (+0.020)	0.696 (+0.000)	0.539 (+0.003)	0.558 (+0.007)	0.755 (+0.016)	0.643 (+0.019)

Hinweise: Angegeben sind die signifikanten (standardisierten) Regressionsgewichte β^{sid} (**fett gedruckt**, wenn $|\beta^{sid}| \geq 0.1$); Regressionsgewichte, die sich nur für einen bestimmten Interessentyp $MINT^{+|0|-}$ zeigen (Interaktionseffekte), sind den Typen entsprechend abgekürzt mit $M+|0|-$ gekennzeichnet; R^2_{ni} : Marginales R^2 ; R^2_c : Konditionales R^2 ($0 \leq R^2_{m|c} \leq 1$).

Tab. 117: Überblick der Mehrebenenanalysen zu **FFb**: Signifikante feste Effekte auf die wahrgenommene Betreuungsqualität (bzgl. prof. Handlungs-kompetenz von Betreuern).

AV UV	kognitive Aktivierung	konstruktive Unterstützung	lernfreundliches Klima	Klarheit	Kommunikation
Betreuer-Schüler-Bez.	0.322	0.517	0.630	0.323	0.353
Fachwissen	-0.102			-0.110	
Fachdidaktisches Wissen					
Werthaltungen					
Motivation					
Selbstregulation					
Soziale Kompetenz	0.062	0.063	0.046		
Physiknote	-0.067		-0.049		
Schulart (Gymnasium)				0.149	
Geschlecht (Mädchen)	-0.076		0.058	-0.078	-0.121
Interessentyp	0.179 ^{M+}	0.107 ^{M+}		-0.071 ^{M-}	0.246 ^{M+} 0.137 ^{M+}
R_m^2 (Nullmodell)	0	0	0	0	0
R_m^2 (+ Kontrollvar.)	0.091	0.014	0.011	0.142	0.046
R_m^2 (+ Prädiktoren)	0.227 (+0.135)	0.306 (+0.292)	0.437 (+0.426)	0.270 (+0.128)	0.175 (+0.128)
R_c^2 (Nullmodell)	0.116	0.138	0.182	0.134	0.148
R_c^2 (+ Kontrollvar.)	0.233 (+0.117)	0.152 (+0.013)	0.229 (+0.047)	0.281 (+0.147)	0.209 (+0.061)
R_c^2 (+ Prädiktoren)	0.325 (+0.091)	0.393 (+0.241)	0.595 (+0.366)	0.347 (+0.066)	0.288 (+0.080)

Hinweise: Angegeben sind die signifikanten (standardisierten) Regressionsgewichte β^{sid} (**fett gedruckt**, wenn $|\beta^{sid}| \geq 0.1$); Regressionsgewichte, die sich nur für einen bestimmten Interessentyp $MINT^{+|0|-}$ zeigen (Interaktionseffekte), sind den Typen entsprechend abgekürzt mit $M+|0|-$ gekennzeichnet; R_m^2 : Marginales R^2 ; R_c^2 : Konditionales R^2 ($0 \leq R_{m|c}^2 \leq 1$).

Tab. 118: Überblick der Mehrebenenanalysen zu **FFc**: Signifikante feste Effekte auf die Zielvariablen von Schülerlaboren (bzgl. wahrgenommener Betreuungsqualität).

UV \ AV	Aktuelles Interesse (emotional)	Aktuelles Interesse (wertebez.)	Aktuelles Interesse (epistem.)	Fachinteresse Physik	Sachinteresse Physik	Image Fach Physik	Image Wissenschaft Physik	SWE Physik-unterricht	SWE Experimentieren im PU
PRÄDIKTOREN									
Kognitive Aktivierung	0.254	0.283	0.333	0.092	0.069			0.041	0.083
Konstr. Unterstützung	0.180	0.104					0.100	0.132 ^{M0 -}	0.053
Lernfreundliches Klima						0.055	0.066	+0.196 ^{M+}	
Klarheit	0.175	0.210	0.148	0.068	0.048	0.052	0.080	0.052	0.134
Kommunikation	0.088	0.070	0.107	0.044					
KONTROLLVAR.									
(Pre-Score)	0.132	0.102	0.188	0.788	0.760	0.686	0.654	0.732	0.605
Physiknote					-0.041			-0.074	
Schulart (Gymnasium)						-0.074			0.037
Geschlecht (Mädchen)						0.045			
Interessentyp	-0.044 ^{M-}		-0.109 ^{M-}		-0.045 ^{M-}	-0.064 ^{M-}			0.112 ^{M+}
					0.042 ^{M+}				
VARIANZAUFL.									
R_m^2 (Nullmodell)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R_m^2 (+ Kontrollvar.)	0.134	0.096	0.214	0.69	0.751	0.545	0.495	0.73	0.594
R_m^2 (+ Prädiktoren)	0.398 (+0.265)	0.356 (+0.259)	0.419 (+0.204)	0.703 (+0.013)	0.763 (+0.012)	0.561 (+0.016)	0.526 (+0.031)	0.744 (+0.014)	0.632 (+0.038)
R_c^2 (Nullmodell)	0.144	0.123	0.122	0.131	0.202	0.101	0.054	0.145	0.175
R_c^2 (+ Kontrollvar.)	0.277 (+0.133)	0.241 (+0.118)	0.388 (+0.266)	0.692 (+0.561)	0.765 (+0.563)	0.545 (+0.444)	0.543 (+0.488)	0.742 (+0.598)	0.608 (+0.433)
R_c^2 (+ Prädiktoren)	0.539 (+0.262)	0.458 (+0.217)	0.542 (+0.153)	0.704 (+0.011)	0.788 (+0.024)	0.561 (+0.016)	0.606 (+0.063)	0.772 (+0.029)	0.655 (+0.047)

Hinweise: Angegeben sind die signifikanten (standardisierten) Regressionsgewichte β^{std} (fett gedruckt, wenn $|\beta^{std}| \geq 0.1$); Regressionsgewichte, die sich nur für einen bestimmten Interessentyp $MINT^{+|0|-}$ zeigen (Interaktionseffekte), sind den Typen entsprechend abgekürzt mit M+|0|- gekennzeichnet; R_m^2 : Marginales R^2 ; R_c^2 : Konditionales R^2 ($0 \leq R_{m|c}^2 \leq 1$).

8.12 DIE BEDEUTUNG VON FACH- UND FACHDIDAKTISCHEM WISSEN IM SCHÜLERLABOR

In den vorangegangenen Analysen konnte kein bedeutender Einfluss des Fachwissens (FW) bzw. des fachdidaktischen Wissens (FDW) auf die Zielvariablen nach Euler et al. (2015)²⁹ gefunden werden. Oberflächlich betrachtet und überspitzt plakativ ausgedrückt, könnte also formuliert werden, dass es für die Anregung der Zielvariablen prinzipiell egal ist, welches Fachwissen die Betreuer mitbringen (auch da Wissenslücken von den gut ausgearbeiteten Arbeitsmaterialien überdeckt werden), solange die Betreuer gut mit den Schülern auskommen und akzeptiert würden.

Zusätzlich soll aus diesem Grund hier die Bedeutung von Fach- und fachdidaktischem Wissen nicht in Bezug auf die (eher affektiven) Zielvariablen *Interesse, Image und Selbstwirksamkeitserwartung*, sondern im Hinblick auf ein *kognitives Ziel* – dem Konzeptverständnis – untersucht werden.

Ein eigener Test oder eine separate Skala zum *Wissenserwerb* oder zum *Konzeptverständnis* war so von Anfang an nicht geplant (da die Untersuchung auf die *Zielvariablen* nach Euler et al. (2015) ausgerichtet wurde), aber es konnten einige Items aus den Hypothesentests herangezogen werden. Dazu wurden die im Rahmen von H5 (Abschnitt 8.7, Seite 227) analysierten Einzelitems zu Konzepten und Fehlvorstellungen der Schüler zu Radioaktivität und Strahlung zu einer Skala *Konzeptverständnis* zusammengefasst (Pre- und Post-Fragebogen), wobei die Fehlvorstellungen invertiert wurden – sodass die Ablehnung von Fehlvorstellungen in einer höheren Skalenausprägung resultiert. Die Skalengüte und Itemkennwerte können in Tab. 119 abgelesen werden. Die Reliabilität der Skala liegt mit $\alpha = 0.71^{T1}|0.79^{T2}$ nach Entfernen der in der Tabelle ausgegrauten Items in einem akzeptablem Bereich.

Die Entwicklung des Konzeptverständnisses der Schüler soll nun im Hinblick auf das Fach- bzw. fachdidaktische Wissen der Betreuer untersucht werden. Dazu wurden die Ergebnisse des Professionswissenstests herangezogen. Um die

29 Interesse, Image, Selbstwirksamkeitserwartung.

Tab. 119: Itemanalyse der neu gebildeten Skala *Konzeptverständnis* (Zeitpunkt T1 & T2; Wertebereich von 0 bis 1; $\alpha = 0.71^{T1}|0.79^{T2}$ nach Entfernen der ausgegrauten Items.)

ITEM	\bar{X}	<i>sd</i>	<i>v</i>	<i>P</i>	<i>r_{it}</i>	$\alpha^-(T1)$	$\alpha^-(T2)$
ERF1	0.62	0.15	0.2	0.62	0.12	0.49	0.50
ERF2*	0.37	0.16	-0.16	0.46	0.37	0.35	0.43
ERF3	0.86	0.19	-1.08	0.86	0.15	0.62	0.65
ERF4*	0.43	0.19	0.08	0.54	0.41	0.28	0.17
ERF5	0.58	0.16	-0.22	0.58	0.52	0.23	0.25

Hinweise: *:Invertiertes Item, \bar{X} : Mittelwert, *sd*: Standardabweichung, *v*: Schiefe, *P*: Itemschwierigkeit, *r_{it}*: Trennschärfe, α^- : Cronbachs α , wenn Item gelöscht; entfernte Items sind grau dargestellt.

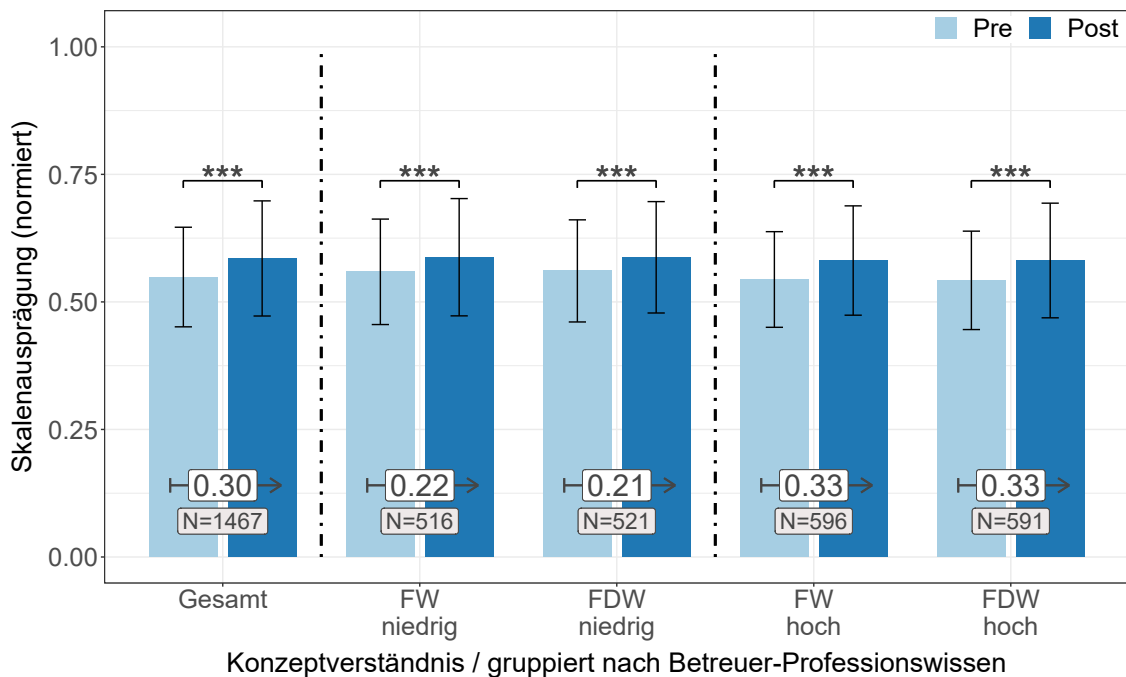


Abb. 69: Mittelwert und Standardabweichung der Skala des Konzeptverständnisses aus Pre- und Post-Befragung. Zusätzlich sind Teilgruppenvergleiche angegeben (Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen der Betreuer). Gekennzeichnet sind Stichprobengr. N , Signifikanzniveau des t -Tests & Cohens d (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; mit Bonferroni-Korrektur).

Betreuer hinsichtlich ihres Fach- bzw. fachdidaktischen Wissens möglichst klar voneinander abzugrenzen, wurde folgende Einteilung vorgenommen:

1. Betreuer mit *überdurchschnittlichem* Testscore (To; FW bzw. FDW)
 → Teilgruppe *FWhoch* bzw. *FDWhoch*,
2. Betreuer mit *unterdurchschnittlichem* Testscore (To; FW bzw. FDW)
 → Teilgruppe *FWniedrig* bzw. *FDWniedrig*.

Die Ergebnisse des Pre-Post-Vergleichs bzgl. des Konzeptverständnisses sind in [Abb. 69](#) dargestellt³⁰. Der Blick auf die Veränderung dieser Ausprägungen durch den Laborbesuch zeigt eine signifikante Erhöhung der Ausprägung mit $d = 0.30^{***}$. Dies entspricht nach Cohen (1992) einem kleinen Effekt. Interessant ist nun der Teilgruppenvergleich bzgl. des Professionswissens der Betreuer (*FWniedrig* | *hoch* bzw. *FDWniedrig* | *hoch* in der Abbildung): Hier zeigt sich, dass das Konzeptverständnis von Schülern, die von einem Betreuer mit (auf diese Stichprobe bezogenem überdurchschnittlich) hohem Fachwissen bzw. fachdidaktischen Wissen angeleitet wurden, in größerem Maße gewachsen ist.

Die Befunde legen somit insgesamt nahe, dass sowohl das Fachwissen als auch das fachdidaktische Wissen einen positiven Einfluss auf das Konzeptverständnis

³⁰ Nicht für alle Betreuer liegen die Ergebnisse des Professionswissenstests vor bzw. wurden an manchen Versuchstagen einige Gruppen von mehreren Betreuern angeleitet. Daher ist die Gesamtanzahl N größer, als die Summe aus den beiden Teilgruppenvergleichen (N für *FWniedrig* | *hoch* bzw. *FDWniedrig* | *hoch*).

der Lernenden hat. Obwohl also das Professionswissen der Betreuer im Hinblick auf die *primären* Zielvariablen von Schülerlaboren (Interesse, Image, Selbstwirksamkeitserwartung / eher affektive Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen) nicht von großer Bedeutung zu sein scheint, so ist das Professionswissen der Betreuer aber für den Wissenserwerb der Schüler wichtig (Sekundärziel / kognitive Wirksamkeit).

Zur Konsolidierung wird daher dieser Zusammenhang von Professionswissen und Konzeptverständnis auch im Rahmen des im nächsten Kapitel modellierten Strukturgleichungsmodells eingebunden und geprüft.

8.13 STRUKTURGLEICHUNGSMODELL DER ZUSAMMENHÄNGE

Das Zusammenspiel von *professioneller Handlungskompetenz von Betreuern*, der von Schülern wahrgenommenen *Qualität der Betreuung* während des Laborbesuchs und den *Zielvariablen von Schülerlaboren* wurde in den vorangegangenen Kapiteln dieser Arbeit im Rahmen der in drei Aspekte aufgeteilten Forschungsfrage (FFabc) durch Mehrebenenanalysen untersucht ([Abschnitt 8.8 bis 8.10](#)) und in [Abschnitt 8.11](#) zusammengefasst. Da kein bedeutender Einfluss des Fachwissens (FW) bzw. des fachdidaktischen Wissens (FDW) auf die (eher affektiven) Zielvariablen nach Euler et al. (2015) identifiziert werden konnte, wurde in [Abschnitt 8.12](#) die Bedeutung von Fach- und fachdidaktischem Wissen der Betreuer im Kontext Schülerlabor im Hinblick auf ein *kognitives Ziel* – dem Konzeptverständnis (Wissenserwerb) – untersucht. Die Ergebnisse legen nahe, dass sowohl FW als auch FDW einen Einfluss auf das Konzeptverständnis der Lernenden haben.

Im Folgenden soll ein Strukturgleichungsmodell aufgestellt werden, welches diese gefundenen Zusammenhänge enthält, miteinander in Verbindung setzt und im Rahmen eines *Gesamtmodells* prüft. Im Sinne der in [Kapitel 6](#) beschriebenen Methode der *linearen Strukturgleichungsmodellierung* (engl. „Structural Equation Modelling“, kurz SEM, vgl. [Abschnitt 6.7, Seite 124](#)) werden folgende latente Variablen und Verbindungen (Pfade) angenommen:

VARIABLEN & MODELLIERUNG Die *Zielvariablen* von Schülerlaborbesuchen werden unter der gleichnamigen latenten Variable zusammengefasst (aktuelles Interesse in drei Komponenten, Fach- und Sachinteresse, Image von Physik als Schulfach und Wissenschaft, sowie Selbstwirksamkeitserwartung im Schulfach Physik und speziell für das Experimentieren). Diese im *Post-Fragebogen* (T₂) erhobenen Konstrukte stehen zusammen für die (eher affektive) *Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen*. Dem gegenüber stehen dieselben Konstrukte, die jedoch im *Pre-Fragebogen* (T₁) erhoben wurden und unter *Ausgangszustand (Zielvariablen)* zu einer latenten Variable zusammengefasst werden. In gleicher Weise wird das *Konzeptverständnis* in der *Pre-* und *Post-*Ausprägung jeweils als eigene latente endogene Variable angenommen. Die Variable *wahrgenommene Betreuungsqualität* setzt sich aus den Konstrukten *Kognitive Aktivierung*, *Konstruktive Unterstützung*, *Lernförderliches Klima*, *Klarheit und Kommunikation* (T₂) zusammen. Zusätzlich wird das *Professionswissen der Betreuer* durch das *Fachwissen* und das *fachdidaktische Wissen* modelliert. Die weiteren Aspekte prof. Handlungskompetenz (motivationale Orientierungen, Werthaltungen und selbstregulative Fähigkeiten) erweisen sich in den Mehrebenenanalysen als nicht relevant und werden deshalb hier nicht modelliert. Im Gegenzug zeigen sich die wahrgenommene soziale Kompetenz der Betreuer und die Betreuer-Schüler-Beziehung als sehr bedeutsam und werden daher zu der latenten exogenen Variable *Soziale Kompetenz* zusammengefasst.

In dem *Strukturmodell* (welches das Zusammenwirken der exogenen und endogenen latenten Variablen beschreibt; dargestellt als Ellipsen) wird nun der Einfluss von Professionswissen und Sozialkompetenz der Betreuer auf die wahrgenommene Betreuungsqualität, auf die Zielvariablen (eher affektive Wirksamkeit) und auf das Konzeptverständnis (kognitive Wirksamkeit) untersucht. Modelliert

Tab. 120: Beurteilung des Modellfits für Strukturgleichungsmodelle anhand dafür vorgeschlagenen Fit-Maße (Kenny, 2015).

KENNZAHL	GUTER FIT	AKZEPTABLER FIT	SEM: Abb. 70	Abb. 71
SRMR	≤ 0.05	≤ 0.10	0.088	0.085
RMSEA	≤ 0.05	≤ 0.08	0.075	0.070
TLI	≥ 0.95	> 0.90	0.926	0.935
NFI	≥ 0.95	> 0.90	0.926	0.935

SRMR: Standardized Root Mean Square of the Residuals, RMSEA: Root Mean Square Error of Approximation, TLI: Tucker Lewis Index, NFI: Normed Fit Index.

wird zudem die Wirkung der Betreuungsqualität auf die Zielvariablen und das Konzeptverständnis. Ebenfalls wird der Einfluss der Lernenden (Ausgangszustand der Zielvariablen und Konzeptverständnis) auf die (wahrgenommene) Betreuungsqualität und die Wirksamkeit von Schülerlaboren (Zielvariablen und Konzeptverständnis) modelliert.

Im Hinblick auf die *Messmodelle* gilt es zu beachten, dass aufgrund der großen Zusammenhänge zwischen den Skalen, die aus den selben Items bestehen, aber zu unterschiedlichen Zeitpunkten (T1 & T2) erfasst wurden, auch Korrelationen zwischen den zugehörigen Fehlern anzunehmen sind (Fach- und Sachinteresse, Image von Physik als Schulfach und Wissenschaft, sowie Selbstwirksamkeitserwartung bzgl. Physik). Diese *Residualkorrelationen* müssen bei diesen Skalen mit modelliert werden. Direkte Korrelationen zwischen endogenen Variablen werden hingegen nicht modelliert.

STRUKTURGLEICHUNGSMODELL DER ZUSAMMENHÄNGE In der beschriebenen Weise ergibt sich das in [Abb. 70](#) zu sehende Gesamtmodell. Angegeben sind jeweils die standardisierten Pfadkoeffizienten: diese können als standardisierte Regressionsgewichte interpretiert werden. Alle modellierten Wirkungen sind durch Pfeile dargestellt, wobei nur für signifikante Pfade auch die Pfadkoeffizienten (mit $p < 0.05$) angegeben sind. Modellierte, aber nicht signifikante Zusammenhänge sind durch *gestrichelte graue Linien* dargestellt. Die standardisierten Residualkorrelationen zwischen den Ausprägungen der Konstrukte zu den Zeitpunkten T1 und T2 sind in der Abb. durch *Doppelpfeile* gekennzeichnet.

Wie [Tab. 120](#) zeigt, befinden sich die Fitmaße zur Beurteilung der Güte des aufgestellten Gesamtmodells im akzeptablen Bereich. Dabei ist grundsätzlich zu beachten, dass auch andere, nicht getestete Modellvarianten eine ebenso gute oder bessere Modellpassung aufweisen können (Kopp & Lois, 2014). Da durch extensive Modellrevidierung und -anpassung der konfirmatorische Charakter des SEM-Verfahrens gefährdet ist und zudem mit dem gleichen Datensatz immer mehrere, und häufig sogar sehr unterschiedliche Modelle identifiziert werden können (Bortz & Döring, 2006), wurde auf übermäßige Modifikationen zur Modellverbesserung verzichtet. Zu beachten ist weiter, dass trotz dieser Passung der Fitmaße noch keine Auskunft über die Modellgüte möglich. Inhaltlich valide und als Gesamtmodell akzeptabel ist das Modell erst dann, wenn dieses in Anbetracht

der Komplexität zum Einen *inhaltlich schlüssig* und zum Anderen *mit der Theorie bzw. den Vorbetrachtungen vereinbar* ist.

Insgesamt wird deutlich, dass das in [Abb. 70](#) dargelegte Strukturgleichungsmodell sehr gut mit den Befunden der Mehrebenenanalysen ([Abschnitt 8.11](#)) und den Ergebnissen bzgl. des Einflusses von Fach- und fachdidaktischem Wissen auf das Konzeptverständnis der Schüler ([Abschnitt 8.12](#)) zusammenpasst. Da also bei der hier vorliegenden Modellierung zum einen die Fitmaße die Passung des Modells bestätigen und zum Anderen die abgebildeten Zusammenhänge zusätzlich inhaltlich schlüssig und mit den vorangegangenen Analysen vereinbar sind, kann das Gesamtmodell in dieser Art als valide angesehen werden kann.

Eine genaue Betrachtung des Wirkgeflechts offenbart zusätzlich, wie genau die Variablen zusammenwirken:

So zeigt sich im Hinblick auf die Zielvariablen auch hier, dass das Professionswissen der Betreuer keinen Einfluss auf die Interessengenese oder die Entwicklung bzw. Verbesserung des Images von Physik und die Selbstwirksamkeitserwartung der Schüler hat. Interessanterweise wird aufgedeckt, dass der große Einfluss der Sozialkompetenz der Betreuer auf die Zielvariablen nicht direkt, sondern über die Betreuungsqualität *vermittelt* wird. Das Modell bestätigt, dass die Betreuungsqualität einen sehr großen Einfluss auf die Zielvariablen hat ($\beta^{std} = 0.51^{***}$). Vor allem im Kontrast mit der Stärke, die die Pre-Ausprägungen auf die Zielvariablen haben ($\beta^{std} = 0.66^{***}$) zeigt sich, dass der Einfluss der Betreuung beinahe gleich groß ist. Einschränkend ist hier anzumerken, dass auch der Effekt der Pre-Ausprägungen auf die Zielvariablen über die (wahrgenommene) Betreuungsqualität vermittelt wird.

Im Hinblick auf den Wissenserwerb (Verbesserung des Konzeptverständnisses) deckt sich das Modell ebenfalls mit den Befunden zum Einfluss von Fach- und fachdidaktischem Wissen ([Abschnitt 8.12](#)): Es offenbart sich ein kleiner, aber signifikanter Einfluss des Professionswissens auf das Konzeptverständnis ($\beta^{std} = 0.09^*$). Wieder im Gegensatz zu den Zielvariablen wird die Betreuungsqualität hier allerdings nicht signifikant. Auch die Sozialkompetenz der Betreuer hat keinen Einfluss darauf, sodass das Professionswissen der Betreuer als alleiniger Einflussfaktor der Betreuung bzw. der Betreuer auf den Wissenserwerb der Schüler aufgezeigt wird.

ANGEPASSTES STRUKTURGLEICHUNGSMODELL DER ZUSAMMENHÄNGE Die Betrachtung der standardisierten Pfadkoeffizienten des Messmodells für die wahrgenommene Betreuungsqualität in [Abb. 70](#) zeigt, dass sich die größten Faktorladungen³¹ für die *kognitive Aktivierung* und die *Klarheit* zeigen. In den Mehrebenenanalysen (FFc, vgl. [Abschnitt 8.10](#) auf [Seite 264](#) bzw. zusammengefasst [Abschnitt 8.11](#) auf [Seite 275](#)) zeigte sich ebenfalls, dass der kognitiven Aktivierung und der Klarheit eine vergleichsweise besonders große Bedeutung im Hinblick auf die Zielvariablen zukommt. Interessant und potentiell aufschlussreich könnte es also sein, die Betreuungsqualität aufzutrennen und separat zu untersuchen:

³¹ Wenn Pfadkoeffizienten des Messmodells standardisiert: Pfadkoeffizient = Faktorladung = Regressionsgewicht.

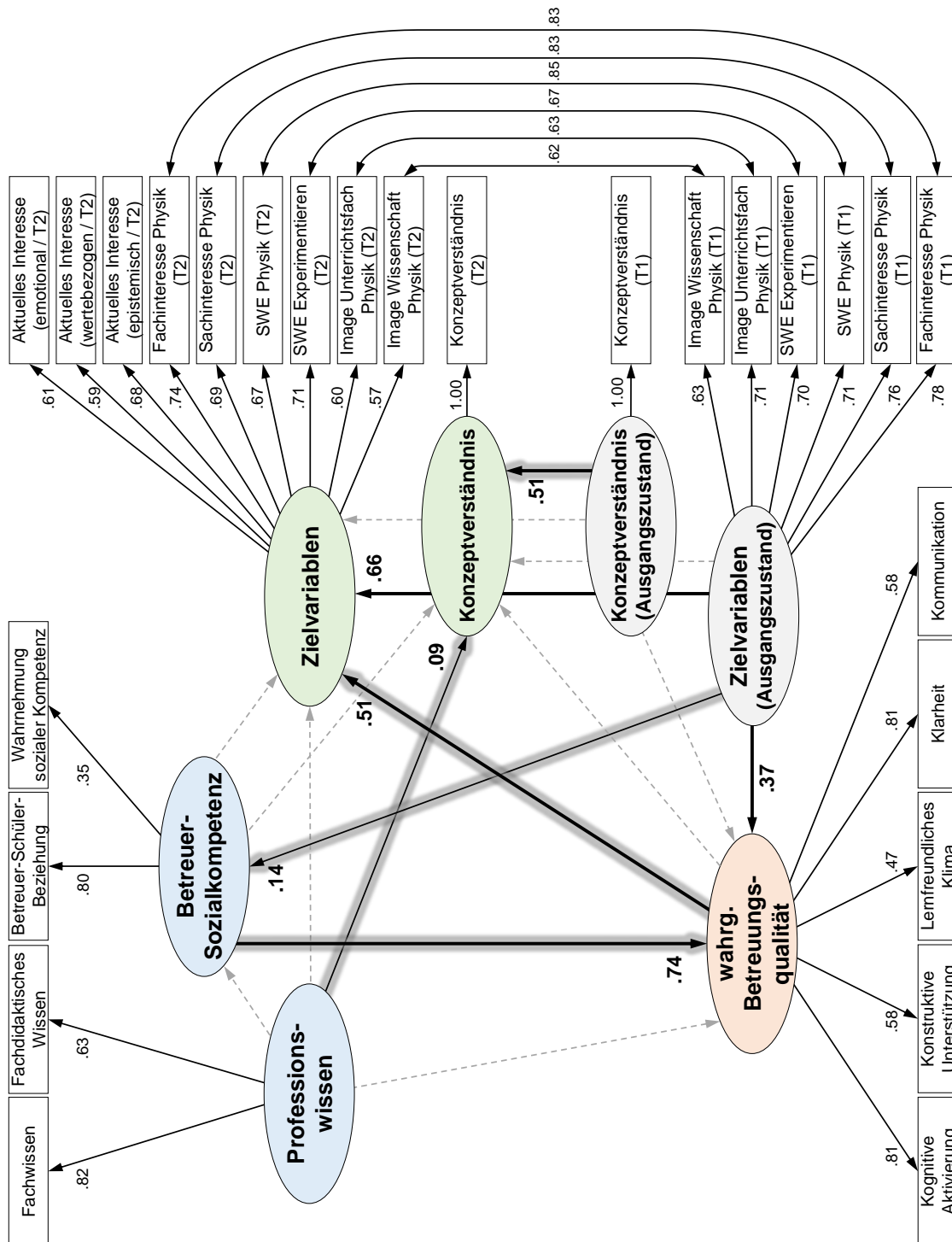


Abb. 70: Strukturgleichungsmodell zum Zusammenhang von Betreuermerkmalen, der von Schülern wahrgenommenen Qualität der Betreuung während des Laborbesuchs und den Zielvariablen von Schülerlaboren. Angegeben sind jeweils die standardisierten Pfadkoeffizienten sowie die Residualkorrelationen zwischen T1 & T2; modellierte, aber insignifikante Zusammenhänge sind durch *gestrichelte Linien* dargestellt.

nämlich einmal in einen *kognitiven Aspekt* (kognitive Aktivierung und Klarheit) und in einen *sozialen Aspekt* von Betreuungsqualität (Lernfreundliches Klima, konstruktive Unterstützung und Kommunikation).

Ein in dieser Weise angepasstes – zwischen *sozialen und kognitiven Aspekten* von Betreuungsqualität differenzierendes – Modell ist in [Abb. 71](#) dargestellt. Wie [Tab. 120](#) zeigt, liegen auch die Fitmaße des angepassten Modells im akzeptablen Bereich; und verbessern sich verglichen mit [Abb. 70](#) sogar leicht.

Ein Vergleich mit dem einfachen Modell ([Abb. 70](#)) zeigt, dass sich in den Grundzügen keine großen Änderungen ergeben: Auch hier wirkt das Professionswissen der Betreuer nicht auf die Zielvariablen (eher affektive Wirksamkeit) oder die Betreuungsqualität (kognitive und soziale Aspekte), wohl aber auf das Konzeptverständnis (Wissenerwerb; kognitive Wirksamkeit). Und auch hier zeigt sich, dass das Professionswissen keinen bedeutenden Einfluss auf die Betreuungsqualität ausübt (weder auf kognitive noch soziale Aspekte). Gemein haben beide Modelle weiter, dass die Betreuungsqualität (trotz Differenzierung in kognitive und soziale Aspekte) zwar auf die Zielvariablen, nicht aber auf das Konzeptverständnis (Wissenerwerb) wirken.

Durch die Aufteilung der Betreuungsqualität kann jedoch der Befund aus den Mehrebenenanalysen, dass der *kognitive Aspekt* (kognitive Aktivierung und Klarheit) von Betreuungsqualität eine besondere Bedeutung für die Zielvariablen hat (vgl. [FFc](#)) bekräftigt werden: Der Einfluss des kognitiven Aspekts ist beinahe vier mal so groß wie der des sozialen Aspekts ($\beta_{kog}^{std} = 0.42^{***}$ bzw. $\beta_{soz}^{std} = 0.12^*$). Die besondere Bedeutung von kognitiver Aktivierung und Klarheit zeigt sich also auch im Strukturgleichungsmodell.

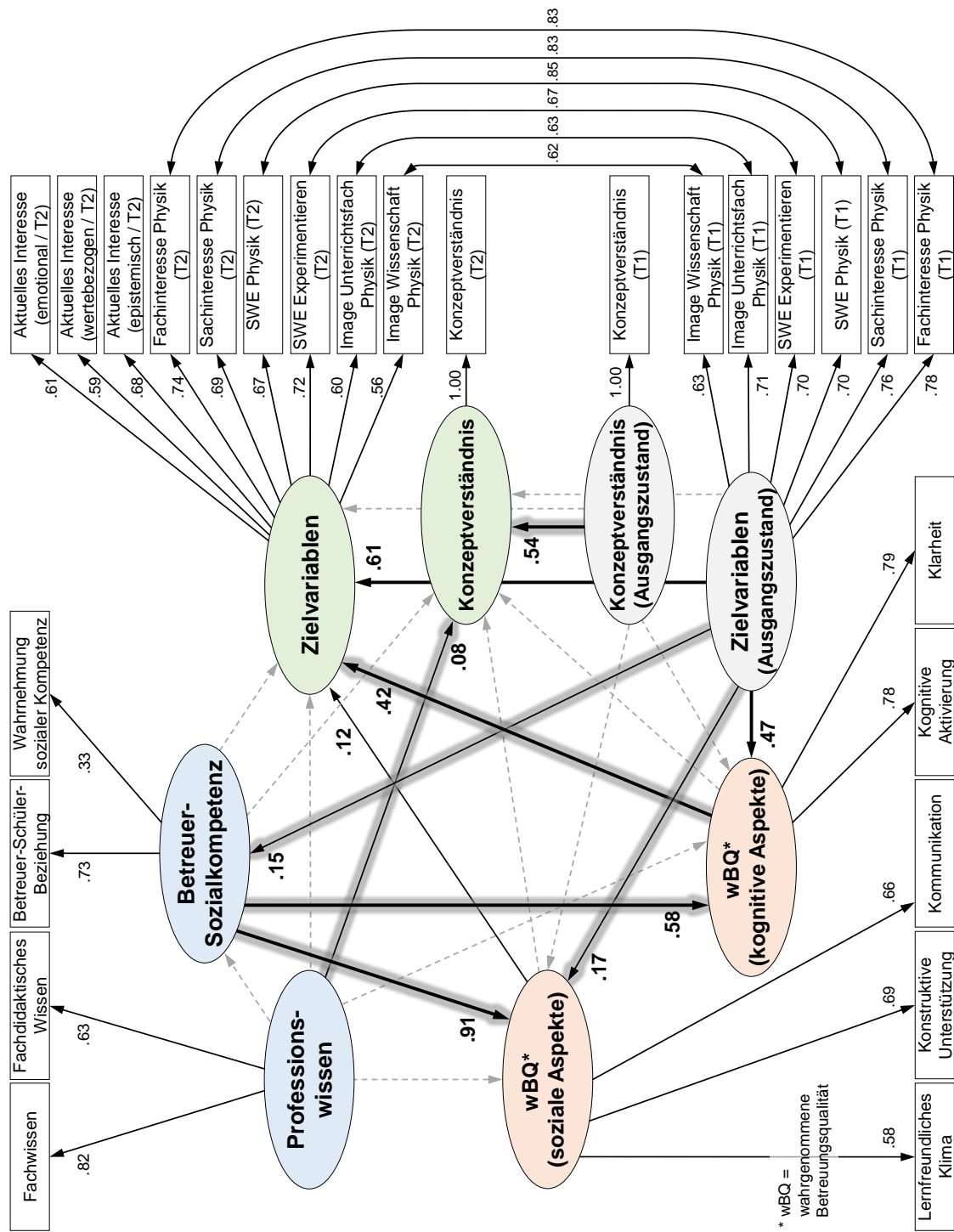


Abb. 71: Strukturgleichungsmodell zum Zusammenhang von Betreuermerkmalen, der von Schülern wahrgenommenen in sozialen und kognitiven Aspekten differenzierten Qualitätsmerkmalen der Betreuung während des Laborbesuchs und den Zielvariablen von Schülerlaboren. Angegeben sind jeweils die standardisierten Pfadkoeffizienten sowie die Residualkorrelationen zwischen T1 & T2; modellierte, aber insignifikante Zusammenhänge sind durch gestrichelte Linien dargestellt.

Kurzzusammenfassung der zentralen Ergebnisse zur Strukturgleichungsmodellierung

1. *Modellgüte und inhaltliche Validität:* Für die beiden auf Basis von Theorie und den vorangegangenen Befunden modellierten Strukturgleichungsmodelle konnte die Güte des Modells gezeigt werden. Die abgebildeten Zusammenhänge passen sehr gut mit den Befunden aus den vorangegangenen Mehrebenenanalysen und Hypothesenprüfungen zusammen. Beide Modelle passen inhaltlich zueinander, sind in sich schlüssig und können als inhaltlich valide Gesamtmodelle angesehen werden.
2. *Einfluss des Professionswissens:* Das Professionswissen der Betreuer wirkt in den Strukturgleichungsmodellen nicht direkt auf die Zielvariablen von Schülerlaborbesuchen ein. Auch eine indirekte Verbindung über die Betreuungsqualität zeigt sich nicht. Dieser Befund deckt sich mit den Mehrebenenanalysen. Erfreulicherweise konnte gezeigt werden, dass Fachwissen und fachdidaktisches Wissen unmittelbar auf das Konzeptverständnis der Schüler wirken. Diese Wirkung ist auch nicht durch die Betreuungsqualität vermittelt, sondern wirkt direkt.
3. *Einfluss von sozialer Kompetenz der Betreuer:* In den Mehrebenenanalysen wird die Sozialkompetenz der Betreuer als sehr wichtiger Einfluss auf die Zielvariablen identifiziert. Die Strukturgleichungsmodelle bestätigen dies, zeigen aber auch, dass dieser Einfluss nicht direkt, sondern über die Betreuungsqualität vermittelt ist. Die soziale Kompetenz der Betreuer hat also keinen direkten Einfluss auf die Zielvariablen; auch das Konzeptverständnis der Schüler wird von der sozialen Kompetenz nicht bedeutend beeinflusst. Plausibel ist, dass sich der größte Einfluss auf die sozialen Aspekte von Betreuungsqualität zeigt; aber auch zu den kognitiven Komponenten besteht eine starke Verbindung.
4. *Einfluss der Qualität der Betreuung:* Das Strukturgleichungsmodell belegt, dass die Betreuungsqualität einen großen Einfluss auf die Zielvariablen hat und bestätigt so die vorangegangenen Mehrebenenanalysen. Das angepasste Strukturgleichungsmodell bekräftigt weiter den Befund, dass der Einfluss der Qualität der Betreuung auf die Zielvariablen vor allem auf die kognitiven Aspekte – also die kognitive Aktivierung und die Klarheit – zurückgeht. Für die Betreuungsqualität zeigte sich kein Einfluss auf das Konzeptverständnis der Schüler.

ZUSAMMENFASSUNG, DISKUSSION UND EMPFEHLUNGEN

In dem letzten Kapitel dieser Arbeit werden zunächst die in dieser Arbeit gewonnenen wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert. Dabei wird in [Abschnitt 9.1](#) zuerst die Wirksamkeit des Schülerlaborbesuchs ([9.1.1](#)) und der Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit ([9.1.2](#)) betrachtet. Im Anschluss werden anhand der vorliegenden Befunde Handlungsempfehlungen für Schülerlaborbetreibende ([9.2](#)), sowie Implikationen für die Schülerlaborbegleitforschung ([9.3](#)) formuliert, die interessant für Folgeuntersuchungen erscheinen.

9.1 ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Aufgrund des schlechten Abschneidens deutscher Lernender in *internationalen Vergleichsstudien* (TIMSS; Baumert et al., 2000 oder auch PISA; Prenzel et al., 2003), einem generell *abnehmendem Interesse an naturwissenschaftlichen Schulfächern* (IPN-Interessenstudie; Hoffmann et al., 1998) und dem viel zitiertem *Fachkräftemangel* um die Jahrtausendwende (Domjahn, 2013; Zwick & Renn, 2000) haben sich Schülerlabore in Deutschland und in Teilen Europas als außerschulische Lernorte etabliert. Die Erfolgsformel von Schülerlaboren ist es, Wissenschaft durch erfahrungsbasierte Zugänge erlebbar zu machen – was sich als tragfähig und höchst erfolgreich bewiesen hat, wie die Schülerlaborbegleitforschung zeigt.

FORSCHUNGSSTAND In den zum Teil recht heterogen angelegten Studien (Studiendesign, Fachrichtung und Art des untersuchten Labors) konnte immer wieder die *Wirksamkeit von Schülerlaboren* gezeigt werden (Akzeptanz, sowie kurzfristige positive Beeinflussung von Interesse, Selbstkonzept, Motivation, Image und sogar von Lernleistung, Wissenserwerb und Berufsorientierung; vgl. dazu auch [Kapitel 2, Seite 7 ff.](#)). Zudem konnten *Einflussfaktoren* auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren aufgedeckt werden. So ist für das Entstehen von aktuellem Interesse etwa vor allem das individuelle Sachinteresse der Lernenden relevant, gefolgt von der Instruktionsqualität. Die Laborumgebung ist besonders effizient, wenn diese selbstständige Experimentiermöglichkeiten bietet und für Lernende interessant ist. Gut empirisch abgesichert ist weiter, dass die Wirksamkeit von Schülerlaboren besonders hoch ist, wenn der Schülerlaborbesuch im Unterricht gut vor- und nachbereitet wird.

Nach wie vor zeigt sich aber in den Studien, dass die motivationalen, kognitiven und affektiven Effekte von Schülerlaborbesuchen nur kurzfristiger Natur sind. Ob und inwiefern Mehrfachbesuche in der Lage sind diese Effekte zu stabilisieren, ist bisher nicht befriedigend beantwortet: Die Befundlage zu wiederholten Besuchen ist zum einen recht dürftig und zum anderen widersprechen sich teilweise die Ergebnisse. Es scheint aber vor allem auf die Qualität der Versuchstage und einem hohen Grad an Abwechslung und Vielfältigkeit anzukommen.

FORSCHUNGSLÜCKEN Aus dem Status Quo der Schülerlaborbegleitforschung lassen sich aber auch Forschungslücken ablesen: So stellt etwa die Replikation von Befunden ein wichtiges Ziel von reliabler Forschung und somit nach wie vor ein übergeordnetes Forschungsziel dar (vgl. Open Science Collaboration, 2015). Aus dem bestehenden Mangel an und der daraus resultierenden Notwendigkeit von Replikationsstudien im Bereich der Sozialwissenschaften entsteht direkt der Replikationsbedarf zur Absicherung bisheriger Befunde im Bereich der Schülerlaborbegleitforschung.

Um die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen weiter verbessern zu können, muss zudem das Zusammenspiel der beteiligten Faktoren noch genauer untersucht werden. In diesem Zusammenhang rücken auch weitere, bisher noch nicht oder kaum untersuchte Wirkvariablen in den Fokus. Aufgrund der überwiegend nachgewiesenen Kurzfristigkeit der Effekte stellt auch die Suche nach Einflussfaktoren, welche in der Lage sind, das hervorgerufene (situationale) Interesse zu stabilisieren (sog. Hold-Faktoren; vgl. Krapp, 1992) eine wichtige Aufgabe zur Verbesserung der Nachhaltigkeit der Effekte dar.

Zudem ist die Frage, welchen Einfluss die Betreuung und die Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen haben, noch nicht befriedigend beantwortet. So werden zwar unter dem Stichwort „laborbezogene Einflussgrößen“ Betreuungsqualität und Verständlichkeit als überaus wichtige Faktoren für das Entstehen von Interesse identifiziert, bisher jedoch ist der Einfluss von Betreuung und die Betreuenden im Kontext Schülerlabor noch nicht systematisch untersucht worden.

Aus dieser Forschungslage und den daraus abgeleiteten Forschungslücken resultieren die zwei Hauptaufgaben der Untersuchung:

1. *Replikation* ausgewählter bisheriger Befunde zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen bzgl. der Konstrukte (aktuelles und dispositionales) Interesse, Image von Physik, Selbstwirksamkeitserwartung und Konzeptverständnis — bearbeitet im Rahmen der Hypothesen **H1** bis **H5**.
2. Systematische Untersuchung zum Zusammenspiel von *professioneller Handlungskompetenz von Betreuenden*, der von Lernenden wahrgenommenen *Qualität der Betreuung* während des Laborbesuchs und der *Wirksamkeit des Schülerlaborbesuchs* — bearbeitet im Rahmen der dreigliedrigen Forschungsfrage **FFabc**.

DATENGRUNDLAGE Der Erhebungszeitraum dauerte von Oktober 2016 bis April 2018. Für die Hauptstudie wurden die Angaben von 1627 Lernenden (von 54 Gymnasial- und 26 Oberschulklassen der Klassenstufe 9 bis 13) und 13 Betreuenden erhoben. Davon konnten die Daten von 1490 Lernenden (91.6%) für die Analysen herangezogen werden. Die übrigen wurden anhand einiger Ausschlusskriterien nicht berücksichtigt.

DESIGN & METHODIK Zur Prüfung der Hypothesen und Beantwortung der Forschungsfrage wurde die Fragebogenmethode im Pre-Post-Design gewählt.

Jeweils vor und nach dem Experimentiertag wurden wesentliche Variablen³² durch in der Schülerlaborbegleitforschung etablierte Likert-Skalen erfasst. Zusätzlich wurde in dem Fragebogen nach dem Experimentiertag die von den Lernenden wahrgenommene Qualität der Betreuung durch neu entwickelte Likert-Skalen erhoben (Kognitive Aktivierung, Lernförderliches Klima, Klarheit, Konstruktive Unterstützung und Kommunikation). An zufällig ausgewählten Terminen wurde außerdem eine Beobachtung der Betreuungspraxis durchgeführt.

Die Itemanalyse zeigte, dass die Skalen als reliabel angesehen werden können (Cronbachs $\alpha \approx 0.8$). Für alle Skalen wurde durch explorative bzw. konfirmatorische Faktorenanalyse die Konstruktvalidität gezeigt. Die mit ausgewählten Skalen durchgeführten Regressionsanalysen belegen zudem, dass diese mit Außenkriterien übereinstimmen (Kriteriumsvalidität). Exemplarisch zeigt sich etwa für die Skala *Betreuer-Schüler-Beziehung* ($\alpha = 0.86$) im Rahmen der Kreuzvalidierung ein sehr hoher Grad der Übereinstimmung ($r_{pt} = 0.75$) mit der empirisch gut abgesicherten und validen Skala *Equity* ($\alpha = 0.82$) des WIHIC-Fragebogens (Dorman, 2003).

Mit einem Professionswissenstest und Fragebogen wurde einmalig das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen, sowie die Werthaltungen, Motivation und selbstregulativen Fähigkeiten der Betreuenden erhoben. Der neu entwickelte Test für das Fachwissen³³ zeigt eine sehr gute Reliabilität ($\alpha = 0.85$). Der Test für das fachdidaktische Wissen konnte größtenteils von Gramzow (2015) übernommen werden³⁴ und ist ebenfalls in hohem Maße reliabel ($\alpha = 0.83$).

Methodisch erfolgte die Untersuchung der Zusammenhänge durch *Mehrebenenanalysen*, bei denen jeweils die Einflüsse mehrerer unabhängiger Variablen auf eine einzelne abhängige Variable unter Beachtung der hierarchischen Struktur der Stichprobe modelliert wurden (FFa, FFb & FFc). Abschließend wurde außerdem ein *Strukturgleichungsmodell* aufgestellt, welches auf den vorangegangenen Mehrebenenanalysen beruht und alle gefundenen Zusammenhänge enthält, miteinander in Verbindung setzt und im Rahmen eines *Gesamtmodells* prüft.

EINSCHRÄNKUNGEN Das Studiendesign sowie die eingesetzten Erhebungs- und Auswertungsmethoden wurden direkt auf Grundlage der aufgestellten Hypothesen und der Forschungsfrage dieser Studie gewählt. Im Fokus stand dabei die Passung der Erhebungsmethoden, um einen direkten Vergleich mit den sehr ähnlich strukturierten Forschungsarbeiten der Schülerlaborbegleitforschung zu ermöglichen. Vor allem aber auch im Hinblick auf die Überprüfbarkeit der Gütekriterien zur Absicherung valider Resultate und Schlussfolgerungen, wurde letztlich die *Fragebogenmethode* gewählt. Obwohl die Wahl der Erhebungs- und Auswertungsmethode so gut begründet werden kann und auch valide Resultate erzielt wurden, sind damit (und dies gilt für alle in Frage kommenden Methoden)

32 Aktuelles Interesse, Fachinteresse Physik, Sachinteresse Physik, Sachinteresse Naturwissenschaften, Selbstwirksamkeitserwartung bzgl. des Schulfachs Physik, speziell für das Experimentieren und für naturwissenschaftlich-technischen Arbeitsweisen, Image von Physik als Schulfach und als Wissenschaft, Basic Needs, Betreuer-Schüler-Beziehung, wahrgenommener Lernzuwachs, Bedeutung von Naturwissenschaft, Einblick in Forschung.

33 Insgesamt 27 Items im Single-Choice-, Multiple-Choice und Kurzantwort-Format.

34 Es handelt sich um 15 Items im gleichen Format.

immer auch Nachteile verbunden. Die daraus resultierenden Einschränkungen bzw. Schwächen der Studie sollen an dieser Stelle kurz diskutiert werden:

Grundsätzlich stehen den Vorteilen der *Fragebogenmethode* (wie dem geringen Kosten- und Zeitaufwand, Objektivität und dem Ermöglichen eines eigenen Antworttempos) auch einige Nachteile gegenüber. So können etwa auch andere Lernende die Befragung beeinflussen und einige Fragen auch leichter unbedacht bzw. fehlerhaft beantwortet werden, als dies z.B. bei einem Interview der Fall wäre. Konkret zeigte sich in dieser Untersuchung, dass es aufgrund der Vielzahl der erhobenen Konstrukte gelegentlich zu Zeitdruck kam, was sich dann auch auf den Fragebogen auswirkte (lückenhaft ausgefüllte oder offensichtlich falsch ausgefüllte Fragebögen oder Fragebögen ohne Beachtung inverser Items; vor allem in der Post-Befragung). Rund 10% der Bögen konnte somit nicht für die Auswertung herangezogen werden. Um diesem Problem entgegenzuwirken könnte es hilfreich sein, die Anzahl der Items im Fragebogen zu reduzieren.

Eine weitere Einschränkung kommt daher, dass mit den Fragebögen nicht direkt die *Qualitätsmerkmale von Betreuung* erhoben wurden, sondern die *Wahrnehmungen* dieser Qualitätsmerkmale durch die Lernenden. Es handelt sich also um eine sehr subjektive Messung. Interessant wäre es in diesem Kontext aber auch gewesen, die Betreuungsqualität nicht von den Schülerinnen und Schülern, sondern von Experten (z.B. durch Videografierung) feststellen zu lassen. Dies war so aufgrund des organisatorischen Rahmens dieser Untersuchung aber nicht möglich. Der Abgleich an einigen Experimentiertagen von Schülerwahrnehmung und der (hochinferenten) Einschätzung eines Beobachters zeigte keinen Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung von Betreuungsqualität durch Lernenden und der Einschätzung eines Beobachters. Somit bleibt es hochinteressant, inwiefern eine objektivere Messung der Qualitätsmerkmale von Betreuung die hier gefundenen Ergebnisse modifizieren würde.

Im Hinblick auf die ökonomische Fragebogengestaltung und die oben angesprochenen Probleme eines zu großen Umfangs, beschränkte sich die Erhebung der Konstrukte auf Items und Skalen, welche die Ziele von Schülerlaboren nach Euler et al. (2015) widerspiegeln und im Einklang mit vorangegangenen Erhebungen aus dem Bereich der Schülerlaborbegleitforschung stehen. Diese Konstrukte beschreiben eher die *affektive Wirksamkeit* des außerschulischen Lernorts Schülerlabor (aktuelles und dispositionales Interesse, Image, Selbstwirksamkeitserwartung). Wie die Ergebnisse dieser Studie aber zeigen, scheint es gerade in Anbetracht der Untersuchung von Einflüssen seitens Kompetenzen von Betreuenden und der Betreuungsqualität sinnvoll zu sein, ebenfalls die *kognitive Wirksamkeit* (Wissenserwerb) mit in eine systematische Untersuchung einzubeziehen.

Aus dem *Wegfall des Betreuer-Tests für das pädagogische Wissen* aufgrund inakzeptabler Gütekriterien resultiert eine weitere Einschränkung dieser Untersuchung. Hierdurch fehlen in der Studie Analysen hinsichtlich der Wirkungen von pädagogischem Wissen der Betreuenden. Ein weiterer Punkt betrifft die *Wissenstests* im Allgemeinen. Denn da die Betreuenden jeden Tag mit anderen Lernenden zusammenarbeiten, die Betreuenden selbst nicht jeden Tag in gleicher Weise agieren bzw. sich selbst motivieren können und auch äußere Einflüsse wie Zeitdruck

oder unvorhersehbare Ereignisse eintreten können, muss die Betreuungstätigkeit immer an die aktuelle Situation angepasst werden. Einmalige Wissenstests hingegen sind von der konkreten Situation unabhängig. Denkbar ist hier, dass durch wesentlich flexiblere und sensiblere Kompetenz- bzw. Performanzmessungen auch differenziertere Resultate erlangt werden können.

Hinsichtlich der Replikation von Befunden zur Wirksamkeit von Schülerlaboren ergibt sich durch das gewählte *Pre-Post-Design* eine Beschränkung der Aussagen auf die kurzfristige Wirksamkeit. Für eine vollständige Replikation wäre es erforderlich gewesen, eine Follow-up-Erhebung anzuschließen. Da der Fokus der Arbeit aber nicht auf der Replikation, sondern auf der systematischen Untersuchung des Einflusses von Betreuenden und Betreuung auf die Wirksamkeit des Laborbesuchs lag, reichte die Erhebung an zwei Zeitpunkten (abhängige Variable: Post-Erhebung & unabhängige Variable, Kontrollvariable: Pre-Erhebung).

In Bezug auf die *Auswertungsmethoden* können hingegen keine gravierenden Schwachstellen identifiziert werden. So wurden in allen Analysen grundsätzlich Ausreißer und fehlerbehaftete Daten beachtet und neben den Gesamteffekten auch stets Teilgruppenvergleiche im Hinblick auf detaillierte Ergebnisse berücksichtigt. Für jedes der eingesetzten Messinstrumente wurden Prüfungen hinsichtlich ihrer Güte vorgenommen und die Instrumente entsprechend angepasst. Zudem wurde die hierarchische Struktur der Stichprobe bei der Auswertung beachtet, indem die Methode der Mehrebenenanalyse zur Auswertung eingesetzt wurde. Hierdurch können Zusammenhänge aufgedeckt werden, die mit herkömmlichen Regressionsanalysen verdeckt geblieben bzw. überschätzt worden wären. Einschränkend ist hier anzumerken, dass die hier durchgeführte Strukturgleichungsmodellierung die hierarchische Struktur nicht beachtet.

9.1.1 Wirksamkeit des Schülerlaborbesuchs (Replikationshypothesen)

Die Wirksamkeit des Schülerlaborbesuchs wurde in dieser Untersuchung im Rahmen der Hypothesen **H₁** bis **H₅** untersucht. Diese Hypothesen zielten dabei hauptsächlich auf die Replikation bisheriger Forschungsergebnisse ab.

WIRKSAMKEIT & INTERESSENTYPEN In dieser Arbeit werden unter den *Zielvariablen von Schülerlaboren* die Konstrukte verstanden, welche sich an den formulierten Zielen von Schülerlaboren nach Euler et al. (2015) orientieren und somit die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen beschreiben³⁵.

In der Auswertung wurden neben kategorialen Subgruppen (Geschlecht und Schulart) auch Teilgruppenvergleiche bzgl. des *Interessentyps* der Lernenden durchgeführt. In dieser Arbeit konnten durch latente Klassenanalyse (LCA) drei zu Grunde liegende Interessentypen identifiziert werden (vgl. **Abschnitt 8.2, Seite 193**). Die Zuordnung der Lernenden auf die drei Typen geht im Wesentlichen auf das Interesse an den Fächern *Mathematik, Physik, Informatik und Chemie* – also an Fächern des MINT-Bereichs – zurück. Weitaus weniger deutlich unterscheiden sich die Typen bezüglich *Biologie, Englisch, Geschichte und Deutsch*. Daher werden die drei Typen auch mit $MINT^+$ (hohes Interesse, Engagement und Leistungsfähigkeit bzgl. der MINT-Fächer), $MINT^0$ (mäßiges Interesse, Engagement und Leistungsfähigkeit) und $MINT^-$ (geringes Interesse, Engagement und Leistungsfähigkeit) bezeichnet. Bemerkenswert ist die sehr gute Übereinstimmung der drei Typen $MINT^+$, $MINT^0$ und $MINT^-$ mit den Interessentypen A, B & C von Häußler et al. (1998), den Gruppen H, M & T bei Pawek (2009) und den Classes 1, 2 & 3 bei Streller (2015) – was für sich genommen auch schon eine Replikation bisheriger Ergebnisse darstellt.

Generell zeigt sich übereinstimmend mit bisherigen Befunden, dass Lernende des Interessentyps $MINT^+$ die größten Ausprägungen der Zielvariablen aufweisen und umgekehrt Lernende des Interessentyps $MINT^-$ die niedrigsten Ausprägungen. Das gleiche Bild ergab sich für den wahrgenommenen Spaß am Laborbesuch (Akzeptanz). Dies ist zunächst nicht überraschend, interessanter werden die Teilgruppenvergleiche im Hinblick auf die Effekte durch den Laborbesuch: In den meisten Fällen ist nämlich der Effekt des Schülerlaborbesuchs bei dem Interessentyp $MINT^-$ am größten, und bei $MINT^+$ am kleinsten (aber dennoch signifikant). Dies bedeutet, dass die Akzeptanz des Schülerlabors bei naturwissenschaftlich hoch interessierten Lernenden am größten ist. Gleichzeitig profitieren aber weniger interessierte und leistungsschwächere Lernende mehr vom Laborbesuch, da die Zielvariablen stärker in positive Richtung beeinflusst werden. Hierbei muss angemerkt werden, dass auch die hoch interessierten Lernenden profitieren – nur fällt die Änderung nicht so groß aus; was im Hinblick auf die ohnehin schon

³⁵ Sofern nicht explizit anders angegeben, sind damit die Konstrukte „aktuelles Interesse“ (emotionale, epistemische und wertebezogene Komponente), „Fach- und Sachinteresse“ an Physik, „Image“ des Schulfachs und der Wissenschaft Physik, sowie die „Selbstwirksamkeitserwartung“ bzgl. des Schulfachs Physik und speziell für das Experimentieren in Physik gemeint. Zu beachten ist dabei, dass der Wissenserwerb oder die Verbesserung des Konzeptverständnisses zunächst außen vor bleibt. Die hier gemeinte Wirksamkeit bezieht sich somit nur auf die genannten affektiven bzw. motivationalen Konstrukte.

höher ausfallenden Ausprägungen auch plausibel ist (Deckeneffekte). Auch dies passt gut mit den bisherigen Ergebnissen zusammen und zeigt, dass der Schülerlaborbesuch für *alle* Lernenden sinnvoll ist und die gewünschte Wirkung hat. Negative Effekte waren nicht zu erwarten und wurden auch nicht gefunden.

Im Folgenden wird die Wirksamkeit des Laborbesuchs im Detail diskutiert:

INTERESSENGENESE & AKZEPTANZ Aufgrund bisheriger Untersuchungen war davon auszugehen, dass Schülerlabore über das Potential verfügen, kurzfristig aktuelles Interesse hervorzurufen. Auch das Fach- und Sachinteresse kann dabei in geringem Maße beeinflusst werden. Dabei war ebenfalls davon auszugehen, dass der Schülerlaborbesuch Spaß macht und während des Aufenthalts die Basic Needs nach Deci und Ryan (2000) erfüllt sind. Diese Annahmen wurden in Hypothese **H1** geprüft.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Schülerlaborbesuch (unabhängig der Schulart) bis auf wenige Ausnahmen allen Lernenden Spaß gemacht hat. Stark naturwissenschaftlich interessierten Lernenden (Interessentyp $MINT^+$) hat der Laborbesuch am meisten Spaß bereitet. Des Weiteren ruft der Laborbesuch beim Großteil der Lernenden aktuelles Interesse hervor. Besonders gilt dies für die emotionale und die wertebezogene Komponente. Jungen sowie stärker interessierte Lernende weisen dabei die stärksten Ausprägungen von aktuellem Interesse in allen drei Komponenten auf. Die Ergebnisse belegen damit, dass die Experimente im Schülerlabor persönlich wertgeschätzt werden (wertebezogene Komponente) und positiv wahrgenommen werden (emotionale Komponente). Allerdings fällt die epistemische Komponente im Vergleich etwas ab – das Bedürfnis der Lernenden ihr Wissen, ihre Fähigkeiten und Kompetenzen zu erweitern, ist also etwas niedriger als der Grad an Wertschätzung und positiver Wahrnehmung des Laborbesuchs.

Es zeigt sich weiter, dass während des Laborbesuchs die Basic Needs (das Erleben von Autonomie, eigener Kompetenz und sozialer Eingebundenheit) bei Jungen wie auch bei Mädchen in hohem Maße befriedigt sind.

Das Fach- und Sachinteresse gehört zu den sich langsam veränderlichen – dispositionalen – Interessen. Daher war nicht anzunehmen, dass sich diese Interessen stark ändern. Erwartungsgemäß zeigen sich positive kleine Effekte auf das Sachinteresse (Cohens $d = 0.21^{***}$) und das Fachinteresse für Physik ($d = 0.26^{***}$). Im Falle des Fachinteresses an Physik ist dieser Effekt für Mädchen deutlich größer als für Jungen ($d_{\text{♀}} = 0.25^{***} | d_{\text{♂}} = 0.17^{***}$) – der Gender-Gap wird verringert. Für das Sachinteresse an Physik und an Naturwissenschaften hingegen zeigt sich, dass der Effekt für wenig interessierte und leistungsschwache Lernenden (Interessentypen $MINT^-$ & $MINT^0$) am größten ausfällt.

Diese Ergebnisse decken sich gut mit bisherigen Befunden der Schülerlaborbegleitforschung (Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Guderian, 2007; Pawek, 2009; Streller, 2015; Zehren, 2009). Die Untersuchung bestätigt somit, dass Schülerlabore über das Potential verfügen, kurzfristig aktuelles Interesse hervorzurufen und sogar die eher als wenig veränderlich geltenden (dispositionalen) Fach- und Sachinteressen positiv zu beeinflussen. Dabei kann der Gender-Gap bzgl. des Fachinteresses am Schulfach Physik verringert werden. Der außerschulische Lernort Schülerlabor wird bis auf wenige Ausnahmen von allen Lernenden (unabhängig

von Geschlecht, Schulart oder Interessenlage) akzeptiert und auch die Basic Needs sind in hohem Maße befriedigt. Insgesamt passt dies auch mit dem Postulat der Interessentheorie nach Krapp (1992) zusammen, wonach die Entstehung, Aufrechterhaltung und Veränderung von Interessen zu einem großen Teil auch von der Möglichkeit zur Befriedigung dieser drei Grundbedürfnisse bestimmt wird.

BERUFSORIENTIERUNG Aufgrund bisheriger Forschungsergebnisse war anzunehmen, dass Schülerlabore über das Potential verfügen, auf die Berufsorientierung der Lernenden einzuwirken, also die Selbstwirksamkeitserwartung für naturwissenschaftlich-technische Arbeitsweisen zu stärken und die Einstellung zu naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen positiv zu beeinflussen. Diese Annahmen wurden in Hypothese H2 geprüft.

Die Daten dieser Arbeit belegen diese Annahmen. Die Selbstwirksamkeitserwartung für naturwissenschaftliche und technische Arbeitsweisen wird durch den Laborbesuch positiv beeinflusst ($d = 0.24^{***}$). Wenig bis moderat naturwissenschaftlich interessierte Lernende (Interessentypen $MINT^-$ & $MINT^0$) profitieren am stärksten im Hinblick auf die kreativen und technischen Aspekte, während stark interessierte Schülerinnen und Schüler (Interessentyp $MINT^+$) besonders im kooperativen Aspekt positive Veränderungen zeigen. Zudem wird durch den Laborbesuch die Einstellung zu naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen – also die Bereitschaft, inwieweit sich Lernende vorstellen können in einem naturwissenschaftlichen Feld zu arbeiten, eine Ausbildung zu absolvieren bzw. etwas in diese Richtung zu studieren – positiv beeinflusst ($d = 0.27^{***}$). Am stärksten ist die Veränderung für Jungen ($d_{\sigma} = 0.35^{***} | d_{\varphi} = 0.19^{***}$) und für eher wenig interessierte Schüler (Interessentyp $MINT^-$ mit $d = 0.30^{***}$).

Somit konnte gezeigt werden, dass Schülerlabore auf die Berufsorientierung der Lernenden wirken, indem die Überzeugung, in naturwissenschaftlichen Aufgabenfeldern erfolgreich zu handeln, gefördert wird. Dies deckt sich mit Befunden früherer Arbeiten aus dem Bereich Schülerlabor (Brandt, 2005; Weßnigk, 2013).

Die positive Wirkung des Laborbesuchs auf die Berufsorientierung ist plausibel, da das Interesse an einer beruflichen Tätigkeit in einem bestimmten Gebiet eng mit dem Interesse daran zusammenhängt (Köller et al., 2006). Und da in vergangenen Untersuchungen wie auch in dieser Arbeit gezeigt werden konnte, dass Schülerlabore situatives Interesse generieren können, war anzunehmen, dass dies auch positive Auswirkungen auf die Selbstwirksamkeitserwartung und die Einstellung zu naturwissenschaftlichen Berufsfeldern hat. Auf Grundlage der im Schülerlabor gemachten authentischen Erfahrungen aus Forschung und Arbeitswelt erhalten die Schülerinnen und Schüler Orientierungshilfen für mögliche Tätigkeiten und berufliche Perspektiven. Bedeutung bekommt dies auch im Hinblick auf die prognostizierte steigende Nachfrage an Arbeitskräften in MINT-Berufen (Bundesagentur für Arbeit / Beckmann & Klaus, 2016).

IMAGE Im Vergleich zu Interesse und Selbstkonzept existieren weit weniger Befunde zum Einfluss von Schülerlaborbesuchen auf das Image von Wissenschaft. Aufgrund bisheriger Ergebnisse der Begleitforschung konnte angenommen werden, dass Schülerlabore über das Potential verfügen, auf das Image von Physik (sogar langfristig) positiv zu wirken. Durch den Schülerlaborbesuch könne zudem ein Einblick in naturwissenschaftliche Forschung erhalten und so die Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag hervorgehoben werden. Die dritte Hypothese **H₃** prüfte diese Annahmen.

Gezeigt werden konnte, dass das Image von Physik generell eher positiv als negativ ausfällt (und das Image von Physik als Naturwissenschaft leicht höher als das des Unterrichtsfaches ist). Dies ist schon für sich genommen eine zunächst beruhigende Feststellung. Denn neben dem Interesse und dem Fähigkeitsselbstkonzept spielt das Image eine wichtige Rolle im Hinblick auf die Berufswahl (Köller et al., 2006). So ist davon auszugehen, dass die Entscheidung gegen einen naturwissenschaftlichen Beruf auch aufgrund eines schlechten Images fallen kann (Kessels et al., 2002).

Dennoch offenbaren die Ergebnisse aufs neue die Schieflage des Images von Naturwissenschaft und des naturwissenschaftlichen Berufsfeldes im Hinblick auf die Geschlechter. So haben Mädchen ein niedrigeres Image von Physik als die Jungen. Erfreulich ist nun, dass durch den Schülerlaborbesuch das Physik-Image für Wissenschaft und Unterrichtsfach positiv beeinflusst wird; dies gilt für das Image von Physik sowohl bzgl. des Unterrichtsfachs ($d = 0.25^{***}$) als auch für die Wissenschaft ($d = 0.27^{***}$). Die Effekte fallen dabei für Mädchen am größten aus (mit $d = 0.36$ bzw. $d = 0.37$). Die Ergebnisse belegen weiter, dass die Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag (unabhängig von Geschlecht und Schulart) als hoch eingeschätzt wird und dass das Schülerlabor über das Potential verfügt, den Schülerinnen und Schülern einen Einblick in die Forschung zu geben.

SCHULISCHE SELBSTWIRKSAMKEITSERWARTUNG UND ENGAGEMENT Obwohl die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen eher kurzfristiger Natur ist, so kann dennoch davon ausgegangen werden, dass diese Wirkung nicht räumlich beschränkt ist und auch auf den regulären Schulunterricht nachwirkt. So finden sich in der Schülerlaborbegleitforschung immer wieder Befunde für eine Steigerung des Selbstkonzepts der Lernenden. Aufgrund dessen war auch davon auszugehen, dass der Besuch des Schülerlabors positive Auswirkungen auf die schulische Selbstwirksamkeitserwartung (die laut Theorie sogar leichter veränderlich als das Fähigkeitsselbstkonzept sein sollte) im Physikunterricht und speziell für das Experimentieren im Physikunterricht hat. Zudem lag die Vermutung nahe, dass ebenfalls das Engagement bzw. die Leistungsbereitschaft im Fach Physik gesteigert werden kann. Diese Annahmen wurden in Hypothese **H₄** geprüft.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Selbstwirksamkeitserwartung im Physikunterricht weder besonders niedrig, noch besonders hoch ausgeprägt ist (speziell für das Experimentieren aber geringfügig höher). Jungen weisen dabei ganz leicht höhere Ausprägungen auf. Durch den Schülerlaborbesuch ändert sich die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung im Physikunterricht nicht wesentlich ($d = 0.16^{***}$); jedoch ergeben sich speziell für das Experimentieren im

Physikunterricht größere positive Effekte ($d = 0.26^{***}$). Diese fallen wiederum besonders hoch für Mädchen aus ($d = 0.32^{***}$ / Verringerung des Gender-Gaps). Außerdem scheint der Laborbesuch leistungsstarke und leistungsschwache Lernende (Interessentypen $MINT^+$ & $MINT^-$) im Hinblick auf die Selbstwirksamkeitserwartung speziell für das Experimentieren besonders zu beflügeln ($d_{MINT^+} = 0.35^{***}$ | $d_{MINT^0} = 0.14^{***}$ | $d_{MINT^-} = 0.31^{***}$). Dies liegt vermutlich daran, dass leistungsschwache Schülerinnen und Schüler motiviert werden und leistungsstarke Schülerinnen und Schüler ihre Fähigkeiten bekräftigt bzw. bestätigt sehen.

Des Weiteren steigt durch den Laborbesuch die zukünftig beabsichtigte Leistungsbereitschaft bzw. das angestrebte Engagement im Fach Physik ($d = 0.26^{***}$). Bemerkenswert ist, dass interessiertere und leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler die größten Ausprägungen aufweisen und zusätzlich am meisten profitieren (größte Effektstärke mit $d = 0.29^{**}$). Der Motivationseffekt durch den Laborbesuch fällt also besonders hoch für ohnehin schon motivierte Lernende aus.

Damit ist insgesamt gezeigt und bestätigt, dass Schülerlaborbesuche auch über den Laborbesuch hinaus Auswirkungen haben. Die Leistungsbereitschaft im Fach Physik steigt unabhängig von Geschlecht und Schulart. Das Selbstvertrauen im Physikunterricht wird in geringem Maße positiv beeinflusst; die Zuversicht im Physikunterricht erfolgreich Experimente durchführen zu können, wird hingegen viel stärker bekräftigt. Erfreulicherweise gilt dies besonders für Mädchen – auch im Hinblick auf die Selbstwirksamkeitserwartung im Physikunterricht trägt das Schülerlabor also dazu bei, den vielzitierten Gender-Gap weiter zu verringern.

KONZEPTVERSTÄNDNIS UND INTERESSE AN DER THEMATIK Der im Rahmen dieser Studie betrachtete Experimentiertag des Schülerlabors beschäftigt sich inhaltlich mit der Thematik Radioaktivität und Strahlung (vgl. für einen detaillierten Einblick [Abschnitt 5.1](#) auf [Seite 73](#) ff.). Daher war davon auszugehen, dass auch das Konzeptverständnis, die Einstellung und das Interesse an der Thematik beeinflusst werden. Im Rahmen der letzten Hypothese **H5** wurde daher geprüft, inwiefern es der Experimentiertag schafft, die Einstellungen und Vorstellungen der Lernenden zu Radioaktivität und Strahlung zu verändern. Konkret ist damit das Interesse an der Thematik Radioaktivität, die Argumentationsfähigkeit und mediale Wahrnehmung, die (Fehl-)Vorstellungen, sowie die Angst vor Strahlung und die Abneigung gegenüber Radioaktivität gemeint. Diese Hypothese ist somit nicht replikativer Natur, sondern hat ein eigenständiges Interesse und ergänzt die Untersuchung um einen fachlich spezifischen *kognitiven* Aspekt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die überwiegende Mehrheit der Schülerinnen und Schüler Interesse an der Thematik hat und mehr über die Wirkung von Strahlung im Körper erfahren möchte. Durch den Laborbesuch wird dieses Interesse sogar (mit kleiner Effektstärke³⁶) verstärkt. Gleichzeitig fühlen sich die Lernenden aber durch Schule und Medien nicht gut genug vorbereitet, um Fach- bzw. Streitgespräche zum Thema zu führen. Erfreulicherweise zeigen die Analysen, dass der

36 Auf die Angabe von numerischen Effektstärkewerten wird an dieser Stelle verzichtet, da Einzeli- tems ausgewertet wurden.

Experimentiertag diesem Missstand entgegenwirkt und einen großen Einfluss auf das wahrgenommene Verständnis der Thematik und die wahrgenommene eigene Argumentationsfähigkeit hat ($d = 0.78^{***}$). Jedoch liegt hier die Frage nahe, ob diese *Wahrnehmung* der eigenen Fachkompetenz sich wirklich auch im *Konzeptverständnis* widerspiegelt. Diese Annahme kann bestätigt werden. Denn obwohl sich eine große Unsicherheit im Umgang mit Begriffen und Konzepten von Radioaktivität und Strahlung (vor dem Beginn des Versuchstags) offenbart, wirkt der Experimentiertag dieser Unsicherheit (mit kleiner Effektstärke) entgegen: richtige Vorstellungen werden gestärkt und Fehlvorstellungen abgebaut. Dazu passt auch, dass durch den Laborbesuch die geringfügig vorhandenen Bedenken gegenüber Strahlung im Alltag und die Vorbehalte gegenüber Radioaktivität sogar noch weiter abgebaut werden. Die meisten Schülerinnen und Schüler hegen jedoch keine Abneigung gegenüber Radioaktivität und erkennen den Nutzen von ionisierender Strahlung.

Insgesamt zeigt sich, dass der Schülerlaborbesuch am Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ die Einstellungen und Vorstellungen der Lernenden zu Radioaktivität und Strahlung in positiver Weise beeinflusst. Zusammen mit den vorab diskutierten stets positiven eher *motivationalen und affektiven* Wirkungen des Laborbesuchs zeigt sich hier also auch ein *kognitiver* Effekt bzgl. des Konzeptverständnisses und der individuellen Argumentationsfähigkeit.

9.1.2 Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit

Der Einfluss von Betreuenden und Betreuungsqualität auf die Wirksamkeit des Schülerlaborbesuchs wurde in dieser Arbeit im Rahmen der dreigliedrigen *Forschungsfrage FFabc* untersucht.

Zunächst wird ein Überblick über die erlangten Befunde gegeben, aus dem die gefundenen Zusammenhänge ersichtlich werden. Diese Zusammenfassung erfolgt dabei schematisch in Form einer Abbildung, die auch als Gesamtmodell angesehen werden kann. Auf Grundlage dieses Überblicks werden im Anschluss detailliert die Einzelbefunde zusammengefasst und diskutiert. Somit ergibt sich die folgende Struktur:

1. Überblick der gefundenen Zusammenhänge / Gesamtmodell
2. Einfluss der Betreuungsqualität auf die Wirksamkeit des Laborbesuchs
3. Einfluss der Betreuerkompetenz auf die Wirksamkeit des Laborbesuchs

Überblick der gefundenen Zusammenhänge (Gesamtmodell)

Auf Basis der Mehrebenenanalysen und der beiden Strukturgleichungsmodelle kann ein *Gesamtmodell* abgeleitet werden, welches die wesentlichen Resultate dieser Untersuchung in kompakter Form zusammenfasst. Dieser schematische Überblick der in dieser Untersuchung gefundenen Wechselwirkungen ist in [Abb. 72](#) dargestellt. Die inhaltliche und strukturelle Form dieses Überblicks beruht auf den Strukturgleichungsmodellen (vgl. [Abschnitt 8.13, Seite 282 ff.](#)), die wiederum in sich schlüssig sind, die erforderlichen Modellgütekriterien erfüllen und gut mit den Mehrebenenanalysen übereinstimmen.

Insgesamt zeigt sich, dass das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen der Betreuenden (im Kontext Schülerlabor) keinen bzw. nur einen sehr kleinen Einfluss auf die affektiven Zielvariablen aktuelles Interesse, Fachinteresse, Sachinteresse, Image von Physik, sowie Selbstwirksamkeitserwartung hat. Dasselbe gilt für die weiteren Aspekte professioneller Handlungskompetenz (Werthaltungen, Motivation und Selbstregulation). Im Gegenzug dazu wirkt das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen der Betreuenden aber positiv auf das Konzeptverständnis der Lernenden.

Den größten direkt auf die Betreuerperson bezogenen Einfluss auf die Zielvariablen stellt die Sozialkompetenz der Betreuenden dar; dies gilt insbesondere für alle Komponenten des aktuellen Interesses. Die beiden aufgestellten Strukturgleichungsmodelle decken auf, dass diese Wirkung nicht direkt, sondern über die Betreuungsqualität vermittelt wird. Dabei wirkt sich die soziale Kompetenz der Betreuenden stärker auf die sozialen Aspekte der Betreuung (konstruktive Unterstützung, lernförderliches Klima, Kommunikation) und weniger stark auf die kognitiven Aspekte aus (kognitive Aktivierung, Klarheit).

Für die Betreuungsqualität wiederum gilt, dass im direkten Vergleich mit den sozialen Betreuungsmerkmalen, die kognitiven Betreuungsmerkmale einen größeren Einfluss auf die Zielvariablen von Schülerlaborbesuchen haben.

Besonders interessant ist dieses Wirkgefüge von [Abb. 72](#) im Hinblick auf die Art der Bereiche bzw. Aspekte der in Verbindung stehenden Konstrukte: So

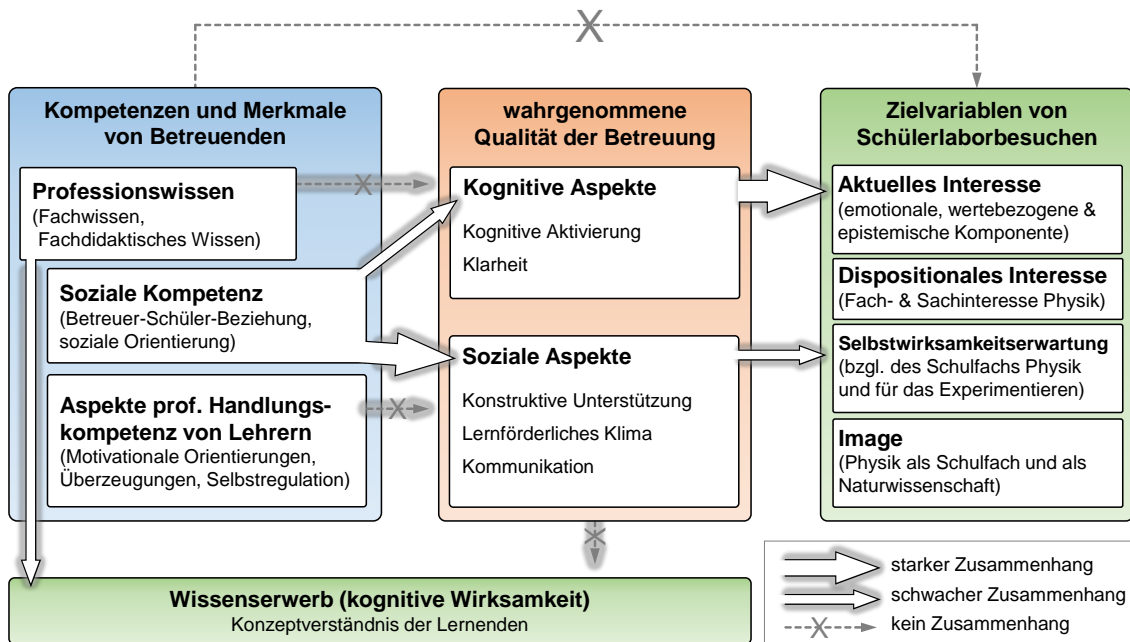


Abb. 72: Schematische Zusammenfassung der in dieser Untersuchung gefundenen Wechselwirkungen im Hinblick auf den Einfluss von Betreuenden und Betreuung auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen. Auf quantitative Angaben wird bewusst verzichtet; dafür sei auf [Abb. 71 \(Seite 287\)](#) verwiesen.

wirkt offenbar die *soziale* Kompetenz von Betreuenden auch auf *kognitive* Aspekte der (wahrgenommenen) Betreuungsqualität; diese kognitiven Aspekte wiederum haben einen erheblichen Einfluss auf *affektive* Zielvariablen (also z.B. das Interesse).

Einfluss der Betreuungsqualität auf die Wirksamkeit des Laborbesuchs

Wie sich in den Mehrebenenanalysen zeigt, haben alle in dieser Studie untersuchten Betreuungsmerkmale (Kognitive Aktivierung, Konstruktive Unterstützung, Lernförderliches Klima, Klarheit, Kommunikation) einen Einfluss auf die Wirksamkeit, wobei sich für verschiedene Zielvariablen jeweils eigene, spezifische Betreuungsmerkmale offenbaren. Insgesamt kommt die größte Bedeutung den Qualitätsmerkmalen *kognitive Aktivierung* und *Klarheit* – also eher kognitiven Aspekten der Betreuung – zu. Dies gilt besonders für die Stärkung der Selbstwirksamkeitserwartung und das Auftreten von aktuellem Interesse. Das Konzeptverständnis der Lernenden entwickelt sich im Laufe des Laborbesuchs in eine positive Richtung, überraschenderweise zeigt sich aber kein bedeutsamer Effekt der Betreuungsqualität auf das Konzeptverständnis der Lernenden.

Die Befunde zum Einfluss der Betreuungsqualität aus den Mehrebenenanalysen wurden in dieser Arbeit zusätzlich durch Strukturgleichungsmodellierung geprüft (konfirmatorisches Verfahren). Die Mehrebenenanalysen decken sich gut mit dem in der Folge aufgestellten Strukturgleichungsmodell, welches die gefundenen Zusammenhänge miteinander in Verbindung setzt. Das Strukturgleichungsmodell ist in sich schlüssig, mit den Mehrebenenanalysen und der Theorie gut vereinbar und die Modellpassung kann durch entsprechende Gütemaße bestätigt werden ($RMSEA < 0.08$ & $TLI > 0.9$).

Insbesondere zeigt sich auch hier, dass die Wirkung der Betreuung vor allem auf die *kognitiven Aspekte* (kognitive Aktivierung und Klarheit | standardisierter Pfad- & Regressionskoeffizient $\beta^{std} = 0.42^{***}$) und weniger auf die *sozialen Aspekte* der Betreuung (Konstruktive Unterstützung, Lernförderliches Klima und Kommunikation | $\beta^{std} = 0.12^*$) zurückgeht.

Im Detail soll nun der Einfluss der Betreuungsmerkmale auf die geprüften Konstrukte diskutiert werden:

INTERESSE Für das Hervorrufen von *aktuellem Interesse* zeigen sich in den Mehrebenenanalysen die Qualitätsmerkmale kognitive Aktivierung (standardisierter Regressionskoeffizient³⁷ $\beta^{std} = 0.25^{***}$), konstruktive Unterstützung ($\beta^{std} = 0.18^{***}$), sowie Klarheit der Arbeitsanweisungen ($\beta^{std} = 0.18^{***}$) und gute Kommunikation ($\beta^{std} = 0.09^{***}$) als bedeutsam. Dieser Zusammenhang ist plausibel, da sich vergleichbare Befunde in der Unterrichtsforschung zeigen: So berichten etwa Riedl und Schelten (2012) und Riedl (2014), dass es sich in besonderer Weise positiv auf den Schulerfolg auswirkt (zu denen neben dem Lernerfolg auch affektive Ziele, wie z.B. Motivation und in geringerem Maße auch Interessengenese zählen), wenn Lehrende und Lernende im Sinne einer Expertengemeinschaft zusammenarbeiten und die Schülerinnen und Schüler auf kompetente Unterstützung vertrauen können.

Als besonders wichtig offenbaren sich in den Mehrebenenanalysen die kognitive Aktivierung und die Klarheit. Es kommt also vor allem auf den *kognitiven Aspekt* der Betreuung an. Bemerkenswert ist außerdem, dass für die emotionale und die wertebezogene Komponente, der Einfluss der Qualitätsmerkmale kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung, sowie Klarheit jeweils allein schon größer ist, als der Einfluss des Fachinteresses der Lernenden. Somit bestätigt sich die aus der Befundlage der Schülerlaborbegleitforschung abgeleitete Vermutung, dass die Betreuungsqualität am Versuchstag einen bedeutsamen Einfluss auf das Entstehen von aktuellem Interesse hat.

Das *Fach- und Sachinteresse für Physik* wird ebenfalls durch die Betreuungsqualität beeinflusst, allerdings erwartungsgemäß in einem viel geringeren Maße verglichen mit dem aktuellen Interesse. Den größten Einfluss auf Fach- und Sachinteresse hat hier wieder die kognitive Aktivierung ($\beta^{std} = 0.09^{***}$ & $\beta^{std} = 0.07^{***}$). Somit legen die Ergebnisse nahe, dass für das Entstehen von aktuellem Interesse und ebenfalls für eine Steigerung von eher dispositionalem Fach- und Sachinteresse von besonderer Bedeutung ist, die Lernenden dazu zu bringen, sich tiefgründig mit der Thematik auseinanderzusetzen und intensiv über den Interessengegenstand nachdenken (kognitive Aktivierung).

SELBSTWIRKSAMKEITSERWARTUNG Eher soziale Aspekte von Betreuungsqualität werden für die Steigerung der *Selbstwirksamkeitserwartung bzgl. des Physikunterrichts* bedeutsam: Neben kognitiven Aspekten (Aktivierung mit $\beta^{std} = 0.04^*$ und Klarheit mit $\beta^{std} = 0.05^{**}$) zeigt die Mehrebenenanalyse deutlich, dass vor allem die Bereitstellung eines lernfreundlichen Klimas eine große Rolle spielt ($\beta^{std} = 0.13^*$). Dies ist schlüssig, da ein lernförderliches Klima das Erleben sozialer

37 Die Angaben von β^{std} bezieht sich auf die emotionale Komponente von aktuellem Interesse.

Eingebundenheit, das Engagement und die Lernmotivation begünstigt (Brophy, 2000; Cornelius-White, 2007; H. Meyer, 2014). Auch in weiteren Studien zeigt sich die katalysatorische Wirkung eines lernfreundlichen Klimas: So kann durch Wertschätzen, Anerkennen, Ermutigen, Wärme und gegenseitigen Respekt das Engagement und die Anstrengungsbereitschaft, das Verhalten in unterrichtlichen Situationen, die Motivation, das Selbstkonzept, die Selbstwirksamkeit, die Lernfreude, das Selbstbestimmungserleben und die Zielorientierung der Lernenden gefördert werden (vgl. Lipowsky, 2015, S. 92 f.). Somit überrascht es auch nicht, dass vor allem das lernförderliche Klima eine positive Wirkung auf die Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler hat.

Bemerkenswert ist, dass dieser ohnehin schon große Effekt des Laborbesuchs auf die Selbstwirksamkeitserwartung noch einmal größer für besonders interessierte und leistungsstarke Lernende ist (Interessentyp $MINT^+$ mit $\beta^{std} = 0.33^{**}$). Dies ist insofern überraschend, da anzunehmen war, dass ein lernförderliches Klima vor allem für eher leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler (Interessentypen $MINT^0$ & $MINT^-$) hilfreich ist. Denkbar ist aber, dass besonders interessierte und leistungsstarke Lernende durch ein lernförderliches Klima im Schülerlabor noch effizienter arbeiten und dabei ihr im Physikunterricht erlangtes Wissen einbringen können.

Für die *Selbstwirksamkeitserwartung speziell für das Experimentieren im Physikunterricht* ist ebenfalls das lernförderliche Klima bedeutsam ($\beta^{std} = 0.05^{**}$), allerdings zeigt sich hier der größte Effekt für die Klarheit der Arbeitsanweisungen ($\beta^{std} = 0.13^{***}$). Dies ist plausibel, da es gerade beim Experimentieren darauf ankommt, dass die Lernenden wissen, was sie tun müssen (Klarheit) und eine gute Arbeitsatmosphäre herrscht (lernfreundliches Klima).

IMAGE Für das *Image* von Physik als Wissenschaft und als Schulfach zeigt sich in den Mehrebenenanalysen eine positive Entwicklung, die auf die konstruktive Unterstützung ($\beta^{std} \geq 0.06$) und auf die Klarheit am Experimentiertag ($\beta^{std} \geq 0.07$) zurückzuführen ist. Für das Image von Physik als Wissenschaft wird außerdem das lernförderliche Klima bedeutsam ($\beta^{std} = 0.07^{**}$), während das Image des Schulfachs Physik zusätzlich von einer guten Kommunikation bei dem Laborbesuch profitiert ($\beta^{std} = 0.05^{**}$). Deutlich wird somit, dass für eine Imageverbesserung von Schulfach und Wissenschaft Physik besonders der *kommunikative Aspekt* der Betreuung (konstruktive Unterstützung, Kommunikation, Klarheit) – und damit die Person des Betreuers bzw. der Betreuerin selbst in den Fokus rückt. Dies passt auch gut mit den Ergebnissen der Mehrebenenanalyse zum direkten Betreuerinfluss auf die Entwicklung des Images der Wissenschaft Physik zusammen, aus der die große Bedeutung einer funktionierenden Betreuer-Schüler-Beziehung hervorgeht.

Einfluss der Betreuerkompetenz auf die Wirksamkeit des Laborbesuchs

Die Mehrebenenanalysen zeigen, dass von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen der Betreuenden kein bedeutender Einfluss auf die Zielvariablen der Studie ausgeht. Gleiches gilt für die weiteren Aspekte professioneller Handlungskompetenz (Überzeugungen / Werthaltungen, Motivation, Selbstregulation).

Dies bedeutet jedoch nicht, dass das Professionswissen der Betreuenden im Kontext Schülerlabor vernachlässigbar ist. Denn zum einen kann es sein, dass evtl. Wissenslücken auf Seiten der Betreuenden von den gut ausgearbeiteten Arbeitsmaterialien „überdeckt“ werden und zum anderen fällt bei der Betrachtung der Zielvariablen auf, dass es sich um Konstrukte handelt, die eher die *affektive bzw. motivationale Wirksamkeit* von Schülerlaborbesuchen betreffen. Denn zu den Primärzielen von Schülerlaboren nach Euler et al. (2015) gehören keine vorrangig *kognitiven Ziele*, wie z.B. Wissenserwerb.

Gerade in diesem Bereich – hier konkret für das Konzeptverständnis der Lernenden – offenbart sich aber der Einfluss des Fach- und fachdidaktischen Wissens der Betreuenden: Die Ergebnisse des Pre-Post-Vergleichs zum Konzeptverständnis (vgl. [Abschnitt 8.12, Seite 279](#) ff.) belegen, dass das Konzeptverständnis von Schülerinnen und Schülern, die von einem bzw. einer Betreuer/-in mit vergleichsweise hohem Fachwissen bzw. fachdidaktischem Wissen angeleitet wurden, auch in größerem Maße gewachsen ist. Dies deutet an, dass sowohl das Fachwissen als auch das fachdidaktische Wissen einen positiven Einfluss auf das Konzeptverständnis der Lernenden haben. Bestätigend zeigt sich in dem Strukturgleichungsmodell, dass das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen der Betreuenden unmittelbar mit einer kleinen Effektstärke auf das Konzeptverständnis der Jugendlichen wirkt ($\beta^{std} = 0.08^*$). Dieser Effekt ist auch nicht durch die Betreuungsqualität vermittelt, sondern wirkt direkt.

Selbst wenn also das Professionswissen der Betreuenden nicht im Hinblick auf die *primären* Zielvariablen von Schülerlaboren Interesse, Image und Selbstwirksamkeitserwartung (eher *affektive Wirksamkeit* von Schülerlaborbesuchen) von großer Bedeutung zu sein scheint, so zeigt dies doch, dass es für den Wissenserwerb der Jugendlichen wichtig ist (Sekundärziel / *kognitive Wirksamkeit*). Dazu passt, dass auch in der Unterrichtsforschung positive Zusammenhänge zwischen fachlicher Expertise der Lehrkraft und Lernleistung von Schülerinnen und Schülern nachgewiesen wurden (vgl. z.B. die COACTIV-Studie, Kunter et al., 2011).

Der größte – direkt auf die Betreuenden bezogene – Einfluss auf Zielvariablen ging in den Mehrebenenanalysen von der Betreuer-Schüler-Beziehung aus. Dies gilt insbesondere für die drei Komponenten des aktuellen Interesses ($\beta^{std} \geq 0.25$). Im Rahmen der Strukturgleichungsmodellierung konnte gezeigt werden, dass die Wirkung dabei nicht direkt, sondern vollständig über die Betreuungsqualität vermittelt wird.

Dies legt insgesamt nahe, dass den sozialen Fähigkeiten der Betreuenden eine größere Bedeutung als den fachlichen Kompetenzen zukommt. Für die optimale Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen scheint es somit bedeutsam zu sein, dass die Betreuenden (ein ausreichendes Maß an Fachwissen vorausgesetzt) von den Schülerinnen und Schülern akzeptiert und gemocht werden.

Die große Wirkung, welche die sozialen Kompetenzen der Betreuenden im Hinblick auf die Ziele von Schülerlaboren haben, ist gut erklärbar: Denn da die Lernenden am Versuchstag selbst i.d.R. das erste Mal in Kontakt mit ihren Betreuerinnen bzw. Betreuern treten, sind die Auswirkungen durch die *Wahrnehmung der Person* unmittelbarer und direkter als die Wirkungen von fachlicher und fachdidaktischer Expertise. Denn häufig entscheidet vor Allem der Anfang einer Arbeitsbeziehung über den weiteren Verlauf (Schumacher, 2011). Im Unterricht gilt, dass sich eine von Empathie geprägte Beziehung von Lernenden und Lehrenden sich in positiver Weise auf die Aufmerksamkeit und die Arbeitsmotivation auswirkt (Lipowsky, 2015). Die Ergebnisse belegen, dass dies ebenfalls im Kontext Schülerlabor Gültigkeit besitzt.

HANDLUKOMPETENZ UND BETREUUNGSQUALITÄT Für den Zusammenhang von professioneller Handlungskompetenz der Betreuenden und den von den Lernenden wahrgenommenen Qualitätsmerkmalen von Betreuung zeichnen die Mehrebenenanalysen und die Strukturgleichungsmodelle ein einheitliches Bild:

Die stärkste Einflussgröße für alle Qualitätsmerkmale stellt die Betreuer-Schüler-Beziehung dar. Vor allem für die konstruktive Unterstützung und das lernfreundliche Klima ist eine funktionierende Betreuer-Schüler-Beziehung wichtig ($\beta^{std} \geq 0.52$). Für die kognitive Aktivierung, die konstruktive Unterstützung sowie das lernfreundliche Klima wird zudem die wahrgenommene soziale Kompetenz der Betreuer bedeutsam ($\beta^{std} \geq 0.05$).

Weiter zeigt sich, dass die Werthaltungen, die Motivation und die selbstregulativen Fähigkeiten der Betreuenden die wahrgenommene Betreuungsqualität nicht beeinflussen.

Auch für das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen konnten keine positiven Effekte gefunden werden. Das Ausbleiben von statistisch bedeutenden positiven Effekten fachlicher bzw. fachdidaktischer Expertise auf die Betreuungsqualität wirkt dabei dennoch zunächst überraschend: Denn da im Schulkontext durchaus positive Zusammenhänge zwischen Fach- und fachdidaktischem Wissen auf Lehrerseite und der Unterrichtsqualität und Leistungen der Schülerinnen und Schüler bestehen (vgl. z.B. Kunter et al., 2011; Kunter & Pohlmann, 2015; Lipowsky, 2007), kann angenommen werden, dass sich auch im Schülerlabor positive Effekte zeigen.

Dieser Unterschied der Wirkungen in Schule und außerschulischem Lernort lässt sich analog zu den obigen Überlegungen zu begründen versuchen: Vermutlich kann sich das Professionswissen der Betreuenden bei einmaligen und kurzzeitigen Laborbesuchen auch im Hinblick auf die Betreuungsqualität nicht frei genug entfalten. Denkbar ist auch, dass evtl. Wissenslücken bzw. Unsicherheiten der Betreuenden von der Konzeption und den didaktisch ausgearbeiteten Arbeitsmaterialien überdeckt werden.

9.2 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DEN BETRIEB VON SCHÜLERLABOREN

Die Arbeit zeigt die positiven Wirkungen des außerschulischen Lernortes Schülerlabor und repliziert damit Befunde bisherigen Arbeiten. Der Fokus liegt dabei wie in diesem Forschungsbereich üblich auf der eher affektiven Wirksamkeit dieser außerschulischen Einrichtungen. Erstmals wird im Rahmen einer systematischen Untersuchung der Einfluss von Betreuenden und Betreuung auf diese Wirksamkeit betrachtet. Fasst man die gefundenen Ergebnisse auf die wichtigsten Kernaussagen zusammen, so lassen sich folgende Handlungsempfehlungen ableiten, die bedeutend für Schülerlaborbetreibende erscheinen:

1. *Welche Rolle spielt die Qualität der Betreuung und worauf sollte besonderer Wert gelegt werden?*

Wie sich in den Ergebnissen zeigt, haben alle in dieser Studie untersuchten Betreuungsmerkmale einen Einfluss auf das aktuelle Interesse, das Fach- und Sachinteresse, das Image von Physik, sowie die Selbstwirksamkeitserwartung. Dabei handelt es sich um *kognitive Aktivierung* (Anregung der Lernenden zu einem vertieften fachlichen Nachdenken), *konstruktive Unterstützung* (systematische und individuelle Unterstützung von Lernenden auf kognitiver, motivationaler und emotionaler Ebene), das Bereitstellen und Aufrechterhalten eines *lernförderlichen Klimas* (Arbeitsatmosphäre, die durch gegenseitigen Respekt, verlässlich eingehaltene Regeln, gemeinsam geteilte Verantwortung, Gerechtigkeit, sowie durch einen guten Umgang miteinander gekennzeichnet ist), *Klarheit* (logische Konsistenz und Plausibilität der Sachstruktur, transparente Zielsetzungen) und eine gute *Kommunikation* (aktiver Redeanteil der Lernenden und sinnstiftende Redebeiträge).

Dabei kommt die größte Bedeutung den Qualitätsmerkmalen *kognitive Aktivierung* und *Klarheit* (also eher kognitiven Aspekten der Betreuung) zu. Insbesondere gilt dies für das Auftreten von aktuellem Interesse und die Stärkung der Selbstwirksamkeitserwartung der Lernenden.

Für Schülerlaborbetreibende empfiehlt es sich demnach, die Lern- und Experimentierarrangements so zu gestalten, didaktisch zu strukturieren und aufeinander abzustimmen, dass die Schülerinnen und Schüler zu einem vertieften fachlichen Nachdenken über die Inhalte des Versuchstags angeregt werden. Betreuende sind gefordert, diese Vorgabe klar strukturiert, sachlich richtig und in kognitiv aktivierender Weise zu präsentieren und die Lernenden auf motivationaler, emotionaler und in besonderem Maße auf kognitiver Ebene zu unterstützen.

2. *Welche Kompetenzen und Merkmale sollten Betreuende im Schülerlabor aufweisen?*

In den Analysen zeigt sich, dass das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen der Betreuenden keinen bzw. nur einen sehr kleinen Einfluss auf das aktuelle Interesse, das Fach- und Sachinteresse, das Image von Physik, sowie die Selbstwirksamkeitserwartung hat, sich aber positiv auf das Konzeptverständnis der Lernenden auswirkt. Die *sozialen Fähigkeiten* der Betreuenden (gute Betreuer-Schüler-Beziehung und Sozialkompetenz) wirken

sich hingegen stark auf Interesse, Image und Selbstwirksamkeitserwartung aus, während kein Einfluss auf das Konzeptverständnis der Lernenden festgestellt wurde. Im Hinblick auf die eher *affektiven* Primärziele von Schülerlaboren legt dies also nahe, dass den sozialen Fähigkeiten der Betreuenden eine größere Bedeutung als den fachlichen Kompetenzen zukommt. Dies gilt insbesondere für das aktuelle Interesse und die Selbstwirksamkeitserwartung.

Insgesamt jedoch ist die Frage nur im Kontext der jeweiligen Zielsetzung zu beantworten. Stehen die „klassischen“ – auf Interessengenesse, Imageverbesserung und Motivationssteigerung ausgerichteten – eher affektiven Ziele im Vordergrund, so ist besonders wichtig, dass die Betreuenden von den Schülerinnen und Schülern akzeptiert und gemocht werden (soziale Fähigkeiten der Betreuenden). Die Betreuenden sollten gut mit den Schülerinnen und Schülern umgehen können und gerne mit Jugendlichen zusammenarbeiten. Das Fach- und fachdidaktische Wissen weist dabei ein idealerweise ein hinreichend hohes Niveau auf, spielt jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Ist es Betreuenden von Schülerlaboren hingegen besonders wichtig, den Wissenserwerb und das Konzeptverständnis der Schülerinnen und Schüler zu fördern (die Lernumgebung also eher im Hinblick auf kognitive Wirksamkeit auszurichten), so steht ein hohes Fach- und fachdidaktisches Wissen der Betreuenden im Vordergrund, während die sozialen Fähigkeiten zwar ebenfalls ein ausreichendes Niveau aufweisen sollten, aber keine überwiegende Bedeutung haben.

Erfreulich ist diese Befundlage dahingehend, dass das Schülerlabor ohne Bedenken als Ort der universitären Ausbildung für Lehramtsstudierende genutzt werden kann, da evtl. Lücken in den fachlichen Kompetenzen der Studierenden durch didaktisch gut ausgearbeitete Experimentierstationen und Arbeitsmaterialien „abgefedert“ werden können. Wichtig bleibt dabei aber, dass die Studierenden gerne mit Schülerinnen und Schülern arbeiten und Spaß an der Betreuungstätigkeit haben – dies sollte im Hinblick auf den Berufswunsch Lehrer aber unproblematisch sein. So profitieren die Akteure aller drei Seiten: Schülerinnen und Schüler entwickeln Interesse und Selbstvertrauen, Studierende können eigene Praxiserfahrungen im Umgang mit Jugendlichen in einem Schul-ähnlichen Setting machen und Schülerlaborbetreibende erhalten den regulären Betrieb kostengünstig aufrecht.

3. Worauf sollte bei der Gestaltung der Versuchstage geachtet werden?

Die folgenden Aussagen resultieren aus bemerkenswerten Ergebnissen im Hinblick auf die Wirksamkeit des Schülerlaborbesuchs, beziehen sich aber nicht primär auf die Betreuenden bzw. die Betreuungstätigkeit am Versuchstag. Es werden zwei Punkte angeführt, auf die bei der Gestaltung der Versuchstage geachtet werden sollte:

Zum einen zeigt sich, dass sich nicht alle Komponenten des aktuellen Interesses auf dem gleichen Niveau befinden. Die epistemische Komponente fällt deutlich hinter der emotionalen und der wertebezogenen Komponente zurück. Dieses Resultat zeigt sich auch in vergleichbaren Studien (Pawek,

2009; Streller, 2015). Dies bedeutet, dass die Experimente im Schülerlabor zwar persönlich wertgeschätzt und positiv wahrgenommen werden, aber das Bedürfnis der Lernenden ihr Wissen, ihre Fähigkeiten und Kompetenzen zu erweitern, nicht so hoch ausfällt. Diesem Missstand sollte entgegengewirkt werden, z.B. indem der Versuchstag so gestaltet wird, dass sich der Alltagsbezug und die Nähe der Lebenswelt stärker hervorhebt. Denn wenn die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Thematik wirklich bedeutsam und nützlich für das eigene Leben ist, so kann davon ausgegangen werden, dass sie auch das Bedürfnis entwickeln, die eigene Kompetenz diesbezüglich zu erweitern, Wissen auszubauen und die eigenen Fähigkeiten zu verbessern (epistemische Komponente von situativem aktuellem Interesse). Des Weiteren ist zu erwarten, dass wenn Lernende sich in verstärkt epistemischer Weise mit einem Interessengegenstand beschäftigen, dies dann auch positive Auswirkungen auf andere affektive und kognitive Ziele von Schülerlaboren hat (Fach- und Sachinteresse, Image, Selbstwirksamkeitserwartung, Konzeptverständnis).

Zum anderen zeigen die Resultate, dass hoch und wenig interessierte bzw. leistungsstarke wie auch -schwache Schülerinnen und Schüler vom Besuch des außerschulischen Lernorts profitieren. Dabei sind die generell positiven Effekte nicht immer nur bei wenig interessierten und eher leistungsschwachen Schülern am größten – auch hoch interessierte und leistungsstarke Lernende profitieren in Hinsicht auf einige Konstrukte besonders. Es ist daher nicht zweckmäßig, den Laborbesuch hauptsächlich darauf auszurichten, dass weniger interessierte Teilnehmer besonders gefördert werden. Vielmehr sollte ein *ganzheitlicher Ansatz* verfolgt werden, der für alle Schülertypen Angebote zur Förderung bereithält. Dies kann von Schülerlaborbetreibenden z.B. über das Bereitstellen von gestuften Lernhilfen, besonderen (zusätzlichen) Knobelaufgaben, einer hohen Aufgabenvielfalt und der Möglichkeit zur freien Aufgabenwahl abgesichert werden.

9.3 IMPLIKATIONEN FÜR DIE SCHÜLERLABORBEGLEITFORSCHUNG

Im Folgenden werden Implikationen für die Schülerlaborbegleitforschung abgeleitet, die sich direkt aus dieser Untersuchung ergeben. Zusätzlich zu diesen Implikationen sei an dieser Stelle auf bestehende Forschungslücken hingewiesen, die sich im Folgenden nicht erneut angeführt werden; siehe dazu [Abschnitt 2.4](#) auf [Seite 21](#). Basierend auf den Analysen und Ergebnissen dieser Untersuchung wird empfohlen, dass zukünftige Studien folgende Aspekte hinsichtlich des Einflusses von Betreuenden und Betreuung auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen beachten:

1. *Replikation der Befunde*: Da diese Arbeit die erste systematische Untersuchung des Betreuerinflusses auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen darstellt, sollten die Befunde in Nachfolgeuntersuchungen zunächst auf ihre Reproduzierbarkeit untersucht werden. Replikation stellt dabei ein zentrales Forschungsziel reliabler Forschung dar und sollte daher unbedingt auch für diese Thematik erfolgen.
2. *Entwicklung von Testinstrumenten & Methodentriangulation*: Die Untersuchung der Zusammenhänge von Merkmalen und Eigenschaften Betreuender, der von Lernenden wahrgenommenen Qualität der Betreuung während des Laborbesuchs und der Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen macht es erforderlich, eine Vielzahl an Konstrukten auf geeignete und ökonomische Weise zu erheben.

Für die Erhebung der von den Lernenden wahrgenommenen Qualität des Experimentiertages und den Zielvariablen von Schülerlaboren konnte auf etablierte Skalen und Items aus der Schülerlaborbegleitforschung und der Unterrichtsforschung zurückgegriffen werden. Die Güte dieser durch Fragebogenmethode erhobenen Skalen konnte gezeigt werden.

Die Erhebung von Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und pädagogischem Wissen hingegen war nicht ohne weiteres möglich. Die aus der Unterrichtsforschung stammenden Tests für das Fach- und das fachdidaktische Wissen mussten stark auf den Kontext Schülerlabor ausgerichtet und entsprechend inhaltlich angepasst werden, erfüllten aber die angesetzten Gütekriterien in hohem Maße. Der übernommene und angepasste Test für das pädagogische Wissen hingegen wies eine unakzeptable Güte auf und wurde daher verworfen. Dementsprechend fehlen nun Aussagen zum Einfluss des pädagogischen Wissens der Betreuenden. Es sollte in Nachfolgeuntersuchungen darauf geachtet werden, dass die Tests für das Professionswissen besser inhaltlich und methodisch aufeinander abgestimmt sind. Insofern stellt die Entwicklung und Validierung von Erhebungsinstrumenten für das Professionswissen von Betreuenden im Schülerlabor einen sehr wichtigen Zwischenschritt dar.

Hier bietet es sich auch an, neben der Fragebogenerhebung weitere Datenerhebungsverfahren einzusetzen. Vielversprechend könnte etwa eine Untersuchung sein, die weg vom Professions-Wissen und hin zu einer Messung von fachlichen, fachdidaktischen und pädagogischen *Performanz* (z.B.

durch Videografierung) geht, da diese viel näher an der Realität ist. In diesem Zusammenhang wäre es auch denkbar, die *wahrgenommene* Kompetenz der Betreuenden durch die Schülerinnen und Schüler erfassen zu lassen. Allerdings sollte hierbei beachtet werden, dass der Eindruck der Lernenden stark von der wirklichen Kompetenz abweichen kann. Gerade im Hinblick auf facettenreiche und komplexe Wirkgefüge, aber auch für die Validierung von neuen Messinstrumenten, kann es jedoch erhellend sein, mehrere Erhebungsmethoden einzusetzen.

Neben dieser Vielfalt der Erhebungsmethoden lohnt auch ein Blick auf die *Auswertungsmethoden*. So ist etwa bei hierarchischer Strukturierung die hier eingesetzte Mehrebenenanalyse herkömmlichen Regressionsanalysen vorzuziehen. Auch aufgrund der stetigen Weiterentwicklung der entsprechenden Softwarepakete und der damit verbundenen steigenden Benutzerfreundlichkeit kann bei ähnlicher Ausgangslage zu einer Verwendung von Mehrebenenanalysen nur ermuntert werden. Die aus den Analysen gezogenen Schlussfolgerungen sollten außerdem zusätzlich durch konfirmatorische Verfahren geprüft werden (hier durch Strukturgleichungsmodelle) – die Aussagen und Zusammenhänge werden entweder bestätigt, in Frage gestellt oder modifiziert und gewähren so einen detaillierteren Einblick.

3. *Erweiterung der systematischen Untersuchung auf die kognitive Wirksamkeit von Schülerlaboren*: Diese Untersuchung fokussiert sich auf die affektive Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen (Interesse, Image, Selbstwirksamkeitserwartung). Wie sich in den Ergebnissen zeigt, wirkt sich (zumindest in dieser Stichprobe) das Professionswissen der Betreuenden nicht bedeutsam auf diese affektive Wirksamkeit aus, sehr wohl jedoch auf das Konzeptverständnis der Lernenden – also auf die *kognitive* Wirksamkeit.

Obwohl die kognitiven Wirkungen von Schülerlaborbüchern oft nicht zu den primären Zielen gezählt werden (vgl. [Kapitel 2](#)), kann daher auch in Aussicht eines vollständigeren Bilds empfohlen werden, in Folgeuntersuchungen auch kognitive Aspekte zu erfassen. Diese Empfehlung ist nicht neu: Schon Pawek (2009) kommt zu dem Schluss, dass die Untersuchung des kognitiven Aspekts beachtenswert ist: So sei davon auszugehen, dass die Besucher während der Veranstaltungen Wissen erwerben. Die hier vorliegenden Ergebnisse belegen damit übereinstimmend sowohl einen von den Lernenden subjektiv wahrgenommenen Lernerfolg als auch eine positive Entwicklung des Konzeptverständnisses.

4. *Prädiktoren für kognitive Aktivierung der Lernenden*: Die Ergebnisse zeigen, dass der kognitiven Aktivierung der Schülerinnen und Schüler eine tragende Rolle bei deren positiven Entwicklung von Interessen, Image und Selbstwirksamkeitserwartung zukommt. Interessant ist nun die Frage, *wie* das Lernarrangement, die Arbeitsmaterialien und die Lernumgebung didaktisch strukturiert werden kann, um die Lernenden zu einem vertieften fachlichen Nachdenken über die Inhalte des Versuchstags anzuregen. Es gilt, die Gelingensbedingungen für kognitive Aktivierung zu identifizieren und Wirkzusammenhänge aufzudecken.

ANHANG

ANLAGENVERZEICHNIS

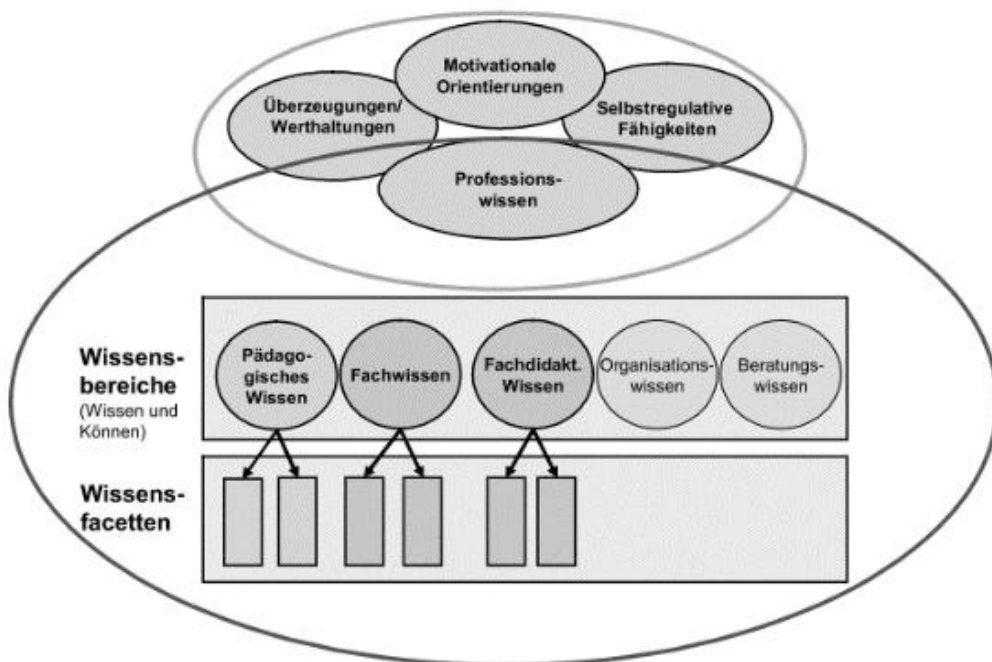
A	ERHEBUNGSINSTRUMENTE: T0	315
A1	Dokumentation der Aufgaben und Items (Betreuer-Test)	315
A2	Fragebogen für Betreuende (Auszug)	359
A3	Fachwissenstest für Betreuende (Auszug)	361
A4	Test von fachdidaktischem Wissen für Betreuende (Auszug)	363
A5	Test von pädagogischem Wissen für Betreuende (Auszug)	365
B	ERHEBUNGSINSTRUMENTE: T1 & T2	367
B1	Dokumentation der Items (Fragebogen für Lernende)	367
B2	Fragebogen T1 zu Zielvariablen des Schülerlaborbesuchs	387
B3	Fragebogen T2 zu Zielvariablen und Betreuungsqualität	393
B4	Itemübersicht des WIHIC-Fragebogens	401
B5	Fragebogen zum Vergleich mit den WIHIC-Skalen	405
C	RATINGBOGEN	409
C1	Itemsammlung des Ratingbogens	409
C2	Ratingbogen zur Erfassung der Betreuungsqualität	423

ERHEBUNGSINSTRUMENTE: To

A1 DOKUMENTATION DER AUFGABEN UND ITEMS (BETREUER-TEST)

Übersicht

- 1 Einsatz der Aufgaben und Items in dem Fragebogen & Quellennachweis
- 2 Aufgaben und Items für den Test des Fachwissens
- 3 Aufgaben und Items für den Test des Fachdidaktischen Wissens
- 4 Aufgaben und Items für den Test des Pädagogischen Wissens
- 5 Items der Skalen zu Überzeugungen & Werthaltungen
- 6 Items der Skalen zu Motivationalen Orientierungen
- 7 Items der Skalen zu Selbstregulativen Fähigkeiten
- 8 Items zur Erfassung demografischer Daten



Rahmen: Modell professioneller Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006).

EDITIERUNGSKÜRZEL	
Kürzel	Quelle / Bedeutung
angepasst	Wortlaut von Formulierung und Beschreibung wurden an Kontext angepasst
geändert	In Formulierung und Beschreibung geändertes Item
Neu	Neu entwickeltes Item
*	Negativ formuliertes Item (bei Skalenwertberechnung invers kodiert)

1 Einsatz der Aufgaben und Items in dem Test & Quellennachweis

KONSTRUKTE / FACETTEN / SKALEN		ITEMS	QUELLE
Test Fachwissen			
Schulwissen	8	Halliday et. al. (2009), Hilscher (1996), Lindenau (2016), Lindner (2013), Mikelskis und Wilke (2006), Mikelskis & Wilke (2009), Müller et al. (2009), Stroppe et al. (2009), SMUL (2012), Turtur (2013), Volkmer (2012), Wilke (1988), Wilke und Liebers (1993); Aufgaben direkt entnommen bzw. an diese Quellen angelehnt; eigene Items	
vertieftes Schulwissen	8		
Experimentiertagswissen	8		
universitäres Wissen	9		
Test Fachdidaktisches Wissen			
Instruktionsstrategien (Schülervorstellungen & Beispiele)	3	Gramzow (2015), Heinicke (2014a,b,c), Kiesling und Friege (2014), Riese (2009), Krause (2014), Meyer (2013); Aufgaben direkt entnommen bzw. an diese Quellen angelehnt; eigene Items	
Darstellungsformen	4		
Fachdidaktische Konzepte	5		
Experimente	4		
Kontext & Interesse	3		
Test Pädagogisches Wissen			
päd. Gesprächswissen	22	Kemna (2012); teilweise modifiziert oder geändert	
Wissen zu Gruppenbetreuung	im Unterricht		5
	im Schülerlabor		5
Fragebogen Werthaltungen und Überzeugungen			
Wertbindungen / Professionsmoral	11	Konstanzer Fragebogen für Schul- und Erziehungseinstellungen (KSE) von Koch et al. (1972), nach Riese (2009); teilweise modifiziert oder geändert	
epistemologische Überzeugungen zur Natur von Physik	16	Riese (2009), in Anlehnung an Ledermann et al. (2002) und Hötteke und Rieß (2007); teilweise modifiziert oder geändert; 4 eigene Items	
subjektive Theorien über Lehren und Lernen von Physik	24	Riese (2009); Subskala Rezeptartiges Lernen in Anlehnung an Seidel et al. (2004); Subskala Aufgeschlossenheit gegenüber Methoden in Anlehnung an Neuhaus und Vogt (2005); teilweise modifiziert oder geändert; 8 eigene Items	

Fragebogen Motivationale Orientierungen			
Selbstwirksamkeits- erwartung	als Lehrer	10	Schwarzer und Schmitz (1999) in Jerusalem & Satow (1999); teilweise modifiziert oder geändert
	Physik lehren	7	Riese (2009) in Anlehnung an Bleicher (2004); teilweise modifiziert oder geändert
Lehr-Motivation		16	Roth et al. (2007); übersetzt
Fach-Enthusiasmus		10	Riese (2009); in Anlehnung an Fraser (1981); teilweise modifiziert oder geändert; 2 eigene Items
Fragebogen Selbstregulative Fähigkeiten			
Selbstregulation	Arbeits- engagement	5	Schwarzer (1999) in Jerusalem und Satow (1999), kategorisiert und teilweise angepasst
	Distanzierungs- fähigkeit	5	
Proaktive Einstellung		10	Schwarzer und Schmitz (1999) in Jerusalem und Satow (1999); teilweise modifiziert oder geändert
Erfassung demografischer Daten			
Persönliches Schule Studium / Beruf Lehrerfahrungen Erfahrungen mit Kindern und Jugendlichen			Eigene Items in Anlehnung an Gramzow (2015)

2 Aufgaben und Items für den Test des Fachwissens

2.1 Zuordnung der Items

	Reproduzieren	Verstehen	Analysieren	Summe
Schulwissen (SW)	2	4	3	9
vertieftes Schulwissen (VSW)	4	2	2	8
Experimentiertagswissen (EW)	2	4	2	8
universitäres Wissen (UW)	2	4	3	9
Summe	10	14	10	34

*) Pro Item gibt es genau einen Punkt.

2.2. Hilfsmittel

- unbeschriebene Blätter (für Notizen und Überlegungen)

2.3 Aufgabenpool

Im Folgenden sind die Aufgaben (inklusive Kodiermanual) dokumentiert. Die Aufgabensammlung und -entwicklung erfolgt auf Grundlage des für diese Studie adaptierten Itemmodells nach Riese et al. (2015).

Zur Aufgabenentwicklung wurden verschiedene Quellen herangezogen. Aufgrund der Domänenspezifität des Fachwissens (Baumert & Kunter 2006) – und damit auch der Tests desselben – war es nicht möglich, entsprechende Aufgaben und Items aus bereits bestehenden Fachwissen-Tests von beispielsweise Riese (2009), Gramzow (2015) oder Woitkowski (2015) zu übernehmen (die der Thematik Mechanik zugeordnet sind). Sämtliche Aufgaben wurden demnach in Bezug auf die Inhaltsbereiche Umweltradioaktivität und Eigenschaften ionisierender Strahlung auf Basis des zugrundeliegenden Itemmodells neu entwickelt; orientieren sich jedoch an den Aufgaben der oben genannten Quellen.

Anschließend wurden die Aufgaben durch Experten der Arbeitsgruppe Physikdidaktik an der TU Dresden vorgelegt und auf Basis der kritischen Anmerkungen entsprechend überarbeitet und angepasst.

2.4 Quellenangabe

Folgende **Quellen** wurden zur Aufgaben- und Itemkonstruktion herangezogen:

- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2009). Halliday Physik (2nd ed.). Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Hilscher, H. (1996). Kernphysik: mit 10 Übungsaufgaben. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
- Lindenau, P. (2016). Neue Unterrichtsmaterialien zur Teilchenphysik. Dresden.
- Lindner, H. (2013). Physikalische Aufgaben (36th ed.). München: Carl Hanser Verlag.
- Mikelskis, H., & Wilke, H.-J. (2006). Physik Plus Gymnasium Klasse 9 Sachsen. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Mikelskis, H., & Wilke, H.-J. (2009). Physik 9 | 10 Mittelschule Sachsen. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Müller, P., Heinemann, H., Krämer, H., & Zimmer, H. (2009). Übungsbuch Physik (11th ed.). Leipzig: Carl Hanser Verlag.
- SMUL (2012). Radon. Vorkommen - Wirkung - Schutz. Dresden: Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft.
- Stroppe, H., Streitenberger, P., Specht, E., Zeitler, J., & Langer, H. (2009). Physik - Beispiele und Aufgaben 2 (3rd ed.). München: Carl Hanser Verlag.
- Turtur, C. W. (2013). Prüfungstrainer Physik (4th ed.). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Volkmer, M. (2012). Radioaktivität und Strahlenschutz. Berlin: Deutsches Atomforum e.V.
- Wilke, H.-J. (1988). Physik 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag.
- Wilke, H.-J., & Liebers, K. (1993). Physik - Lehrbuch für die Klassen 9 und 10. Berlin: Volk und Wissen Verlag GmbH.

Aufgabe 1 [Eigene Items]

Bei radioaktiven Zerfallsprozessen wandeln sich instabile Kerne um und senden dabei ionisierende Strahlung aus. Mittels *Reaktionsgleichungen* können die verschiedenen Zerfallsprozesse übersichtlich dargestellt werden.

Beispiel:

A_ZX **bezeichnet** ein **Nuklid**. Zerfall unter Aussendung von α -Strahlung: ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$

- a) Komplettieren Sie die Reaktionsgleichungen (Neutrinos können vernachlässigt werden): **(SW_Re)**, **(SW_Ver)** & **(VSW_Re)**

γ -Strahlung: A_ZX _____

β^+ -Strahlung: A_ZX _____

Elektronen-Einfang: A_ZX _____

- b) **Single Choice**: Welche Strahlung beobachtet man bei einem rein isomeren Übergang? **(UW_Re)**

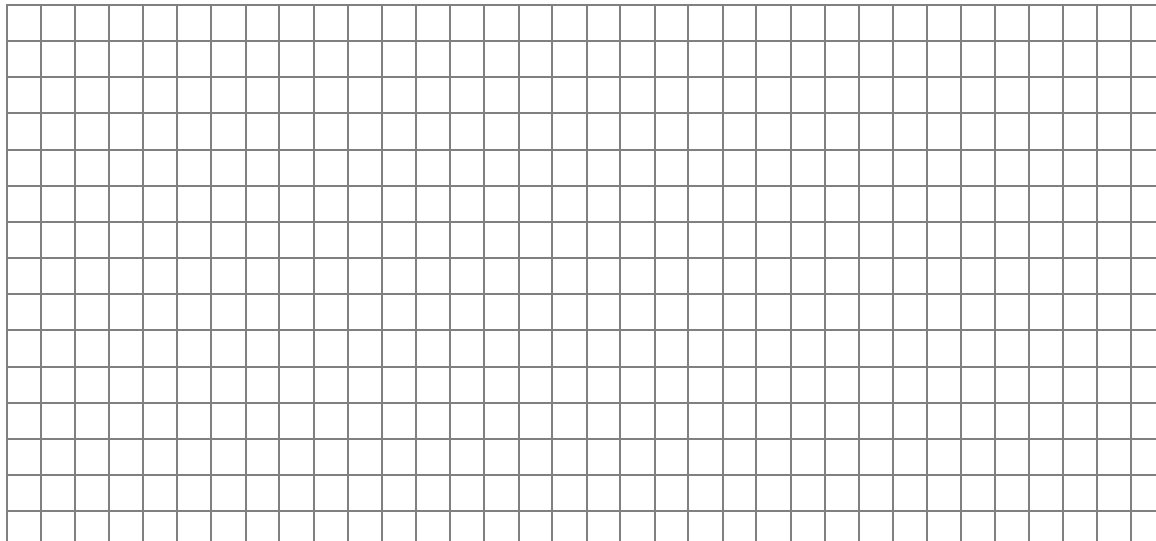
- | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> | α -Strahlung | <input type="checkbox"/> | keine Strahlung |
| <input type="checkbox"/> | β -Strahlung | <input type="checkbox"/> | Spontanspaltung |
| <input checked="" type="checkbox"/> | γ -Strahlung | <input type="checkbox"/> | Clusteremission |

Lösung & Kodierung
<p>Lösung</p> <p>a) γ-Strahlung: ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_ZX + \gamma$</p> <p>$\beta^+$-Strahlung: ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_{+1}e$</p> <p>Elektronen-Einfang: ${}^A_ZX + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^A_{Z-1}Y$</p> <p>b) Die korrekte Lösung ist durch <input checked="" type="checkbox"/> markiert.</p>
<p>Kodierung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Punkt für die richtige Reaktionsgleichung bzw. Lösung ▪ 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 4 Punkte erreichbar)
<p>Hinweise</p> <p>a) Reaktionsgleichung wie gegeben, hart kodieren wenn z.B. ${}^A_ZX + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^A_{Z-1}X$ (falsch)</p>

Aufgabe 2 (SW_Ana, 2x) [in Anlehnung an Hilscher (1996)]

Bestimmen Sie das (Ausgangs-)Nuklid!

Das gesuchte Nuklid ist ein β^- -Strahler. Nach erfolgtem (einmaligem) β^- -Zerfall spaltet sich der Tochterkern spontan in zwei α -Teilchen.



Ausgangsnuklid:
-----------------	-------

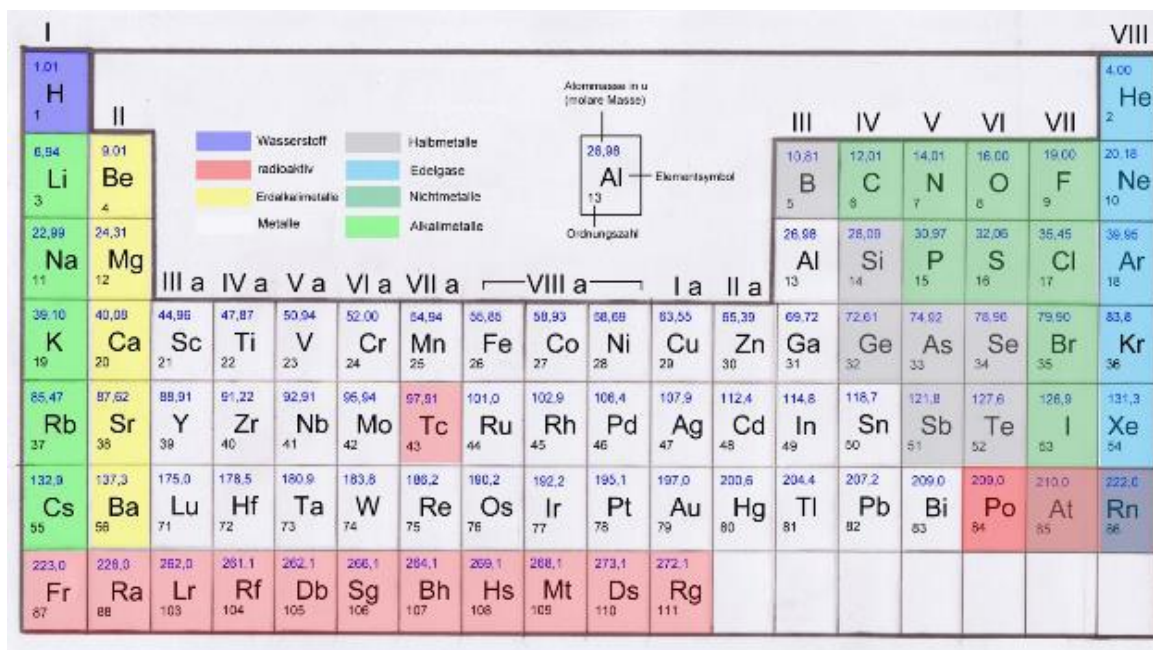


Bild 1 (<http://www.frustfrei-lernen.de/images/chemie/periodensystem-gross.jpg>)

Lösung & Kodierung
<p><u>Lösung</u></p> <p>A_ZX bezeichnet das unbekannte Nuklid. Es folgt über Reaktionsgleichung und Ladungserhaltung:</p> ${}^A_ZX \rightarrow {}_{-1}^0e + 2 {}^4_2He + \bar{\nu}_e$ $\Rightarrow \begin{matrix} A = 0 + 8 \\ Z = -1 + 4 \end{matrix} \Leftrightarrow \begin{matrix} A = 8 \\ Z = 3 \end{matrix} \Rightarrow {}^A_ZX = {}^8_3Li$
<p><u>Erwartungshorizont korrekt</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 8_3Li, 8Li, Lithium-8
<p><u>Grenzfälle, die als korrekt gewertet werden</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lithium, Li, 8X
<p><u>Kodierung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Punkt für die richtig aufgestellte Reaktionsgleichung (ungeachtet Kernladungs- und Ordnungszahl) ▪ 1 Punkt für die richtige Nennung des Ausgangsnuklids (bzw. die richtige Schlussfolgerung aus einer falschen Reaktionsgleichung) ▪ 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 2 Punkte erreichbar)
<p><u>Hinweise</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Angabe der richtigen Lösung (Lithium-8) ohne Reaktionsgleichung führt ebenfalls zur vollen Punktzahl.

Aufgabe 3 [Einleitungstext aus Stroppe et al. (2009)]

Man geht davon aus, dass beim Aufbau organischer Stoffe, die Kohlenstoffisotope C-12 und C-14 im mittleren Verhältnis von 1: $1,5 \cdot 10^{-12}$ vorkommen. C-14 ist ein radioaktives Nuklid. Nach langer Zeit stellt sich eine konstante C-14-Aktivität organischer Stoffe ein, die gleich der C-14 Bildungsrate ist. Kommt der Stoffaustausch zum Erliegen (Tod), fällt die Aktivität nach dem Zerfallsgesetz.

- a) Aus dem Verhältnis von C-12 zu C-14 in (toten) organischen Stoffen können wichtige Informationen gewonnen werden. Nennen Sie ein Beispiel! (VSW_Ver)

- b) **Single Choice:** Wie hängen *Lebensdauer* τ und *Halbwertszeit* $T_{1/2}$ zusammen? (VSW_Re)

$T_{1/2} = 2\tau$

$T_{1/2} = \frac{\tau}{2}$

$T_{1/2} = \tau \ln 2$

$T_{1/2} = \ln \frac{\tau}{2}$

- c) **Single Choice:** Wie lautet das Zerfallsgesetz (wobei $\tau = \frac{1}{\lambda}$; mit *Zerfallskonstante* λ)? (VSW_Re)

$A = A_0 e^{\lambda \cdot t}$

$A = A_0 e^{-T_{1/2} \cdot t}$

$A = A_0 e^{-\lambda \cdot t}$

$A = A_0 e^{T_{1/2} \cdot t}$

- d) **Single Choice:** Woher kommt das radioaktive Isotop C-14? (VSW_Re)

- Es entsteht durch kosmische Strahlung in der oberen Atmosphäre.
- Es bildet sich durch hohen Druck an der Erdkruste.
- Es entsteht im Meer und gelangt dann in die Atmosphäre.

Lösung & Kodierung**Erwartungshorizont korrekt**

- a) Altersbestimmung
- Die korrekten Lösungen für die restlichen Aufgaben sind jeweils durch markiert.

Kodierung

- 1 Punkt für die richtige Lösung
- 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 4 Punkte erreichbar)

Aufgabe 4 [Einleitungstext aus Grehn und Krause (2007), Aufgabe a) & b) in Anlehnung an Turtur (2013)]

Elektrisch geladene Teilchen und γ -Quanten wechselwirken auf unterschiedliche Weise mit Materie. Kenntnisse über diese Wechselwirkungsprozesse sind für den Strahlenschutz und für weitere Anwendungen, wie etwa der Krebstherapie, von großer Bedeutung.

a) In der Abbildung sind Streuwirkungsquerschnitte von γ -Quanten in Anhängigkeit ihrer Energie aufgetragen. Welche Zuordnung ist richtig? (**Single-Choice**) (**UW_Re**)

The graph shows the absorption coefficient μ in cm^{-1} on the y-axis (ranging from 0 to 1.4) against photon energy $h\nu$ in MeV on a logarithmic x-axis (ranging from 0.1 to 50). Three curves are shown: a red curve (A) that decreases from high values at low energies; a green curve (B) that starts at 0.5 MeV and decreases; and a purple curve (C) that starts at 1.02 MeV, reaches a minimum around 5 MeV, and then increases. A dashed black curve also starts at 1.02 MeV and increases.

Bild 2 (http://217.91.25.33/ger/deeper_insight/physics.htm)

- A: Fotoeffekt | B: Compton-Effekt | C: Paarerzeugung
- A: Fotoeffekt | B: Paarerzeugung | C: Compton-Effekt
- A: Compton-Effekt | B: Fotoeffekt | C: Paarerzeugung
- A: Paarerzeugung | B: Fotoeffekt | C: Compton-Effekt
- A: Compton-Effekt | B: Paarerzeugung | C: Fotoeffekt
- A: Paarerzeugung | B: Compton-Effekt | C: Fotoeffekt

b) Was stellt die **unbeschriftete, obere violette Line** im Bild 2 dar? (**UW_Ver**)

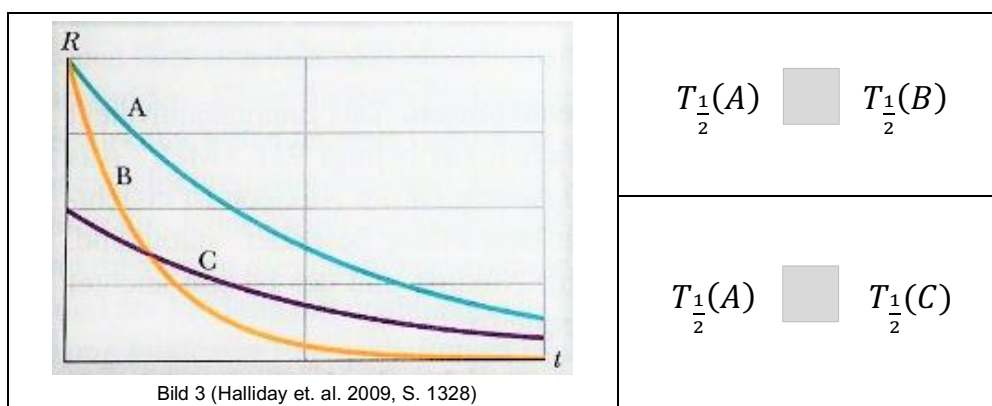
c) **Single Choice:** Treten monoenergetische γ -Quanten durch ein bestimmtes Absorbermaterial, so werden diese abgeschwächt. Die Abschwächung k ist abhängig vom Absorbermaterial (Dichte ρ & Kernladungszahl Z) und von der Energie der Strahlung. Welche Beziehungen gelten? (**EW_Ver**)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> $k \sim \rho^3$ und $k \sim Z^1$ | <input checked="" type="checkbox"/> $k \sim \rho^1$ und $k \sim Z^3$ |
| <input type="checkbox"/> $k \sim \rho^{-3}$ und $k \sim Z^1$ | <input type="checkbox"/> $k \sim \rho^{-1}$ und $k \sim Z^3$ |
| <input type="checkbox"/> $k \sim \rho^3$ und $k \sim Z^{-1}$ | <input type="checkbox"/> $k \sim \rho^1$ und $k \sim Z^{-3}$ |

Lösung & Kodierung
<p>Erwartungshorizont korrekt</p> <ul style="list-style-type: none"> b) Gesamter Wirkungsquerschnitt <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die korrekten Lösungen für die restlichen Aufgaben sind jeweils durch <input checked="" type="checkbox"/> markiert.
<p>Grenzfälle, die als korrekt gewertet werden</p> <ul style="list-style-type: none"> b) Gesamter Effekt (oder ähnliche Ausdrücke)
<p>Grenzfälle, die als inkorrekt gewertet werden</p> <ul style="list-style-type: none"> b) Addition der Kurven (da nur mathematische Betrachtung)
<p>Kodierung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Punkt für die richtige Lösung ▪ 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 3 Punkte erreichbar)

Aufgabe 5 (SW_Ver) [\[aus Halliday et al. \(2009\)\]](#)

Bild 3 zeigt die Aktivität R von 3 radioaktiven Proben als Funktion der Zeit t . Ergänzen Sie die Operatoren $<$, $>$ oder $=$. Zum Beispiel: $T_{\frac{1}{2}}(A) \text{ } T_{\frac{1}{2}}(A)$.



Lösung & Kodierung
<p>Erwartungshorizont korrekt</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $T_{\frac{1}{2}}(A) > T_{\frac{1}{2}}(B)$ & $T_{\frac{1}{2}}(A) = T_{\frac{1}{2}}(C)$ ▪ A und C haben die gleiche Halbwertszeit. Die Halbwertszeit von B ist kleiner als A und C.
<p>Kodierung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Punkt für die richtige Lösung (beide Aspekte müssen genannt werden) ▪ 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 2 Punkte erreichbar)

Aufgabe 6 (SW_Re) [Aus Turtur (2013)]

Im Verlauf der Spaltung von 1,0 kg Uran sei zwischenzeitlich eine Energie von ca. 20 GWh freigegeben. Die Summe aller Bruchstücke wiegt dann weniger als das Ausgangsmaterial.

Notieren Sie die Formel, die für die Bestimmung der Massendifferenz Δm nötig ist (ohne Rechnung)!

Formel:	
----------------	--

Lösung & Kodierung
Erwartungshorizont korrekt
$E = \Delta mc^2$ oder $\Delta m = \frac{E}{c^2}$ oder Energie-Masse-Äquivalenz
Kodierung
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Punkt für die richtige Lösung ▪ 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 1 Punkt erreichbar)

Aufgabe 7 [in Anlehnung an Halliday et al. (2009)]

Die Bindungsenergie entspricht der Arbeit, die aufgewandt werden müsste, um einen Kern in seine einzelnen Nukleonen zu zerlegen. Die Bindungsenergie pro Nukleon ist in verschiedenen Kernen verschieden hoch. Auf diesen Unterschieden beruht der Energiegewinn oder -verlust bei Kernreaktionen, also insbesondere auch die Möglichkeit, Energie aus Kernreaktionen zu gewinnen.

a) **Single-Choice:** Ein bestimmtes Eisen-Isotop (${}^{XX}_{26}\text{Fe}$) sei besonders stabil. Wo liegt seine Bindungsenergie pro Nukleon im Diagramm von Bild 4? (**SW_Ana**)

Bild 4 (<http://physikunterricht-online.de/wp-content/uploads/2016/02/Mittlere-Bindungsenergie-pro-Nukleon.jpg>)

- Auf der Kurve links von ${}^{56}_{26}\text{Fe}$.
- Auf der Kurve rechts von ${}^{56}_{26}\text{Fe}$.
- Auf der Kurve nahe bei ${}^{56}_{26}\text{Fe}$.
- Oberhalb der Kurve.
- Unterhalb der Kurve.

- b) Es soll die Bindungsenergie B von $^{120}_{50}\text{Sn}$ bestimmt werden. Stellen sie die dafür nötige Formel zur Berechnung auf! Gegeben seien folgende Größen: (VSW_Ana)

M_K : Masse eines $^{120}_{50}\text{Sn}$ -Kerns m_p : Masse eines Protons m_n : Masse eines Neutrons c : Lichtgeschwindigkeit
--

Formel:
---------	-------

Lösung & Kodierung
<p><u>Erwartungshorizont korrekt</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Die korrekten Lösungen für die restlichen Aufgaben sind jeweils durch <input checked="" type="checkbox"/> markiert. <p>b) $B = M_K \cdot c^2 - (50m_p + 70m_n) \cdot c^2$</p>
<p><u>Grenzfälle, die als korrekt gewertet werden</u></p> <p>b) $B = -M_K \cdot c^2 + (50m_p + 70m_n) \cdot c^2$ (Bindungsenergie negativ dargestellt)</p>
<p><u>Kodierung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Punkt für die richtige Lösung 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 2 Punkte erreichbar)

Aufgabe 8 [in Anlehnung an Volkmer (2012)]

Wie stark ein bestimmtes radioaktives Präparat strahlt, wird durch die *Aktivität* $A = \frac{\Delta N}{\Delta t}$ angegeben. Allerdings sagt A nichts darüber aus, wie gefährlich die Strahlung für den menschlichen Körper ist, denn entscheidend ist die Energie, die von unserem Körper absorbiert wird.

- a) Nennen Sie den Unterschied zwischen Äquivalentdosis $H[\text{Sv}]$ und Energiedosis $D[\text{Gy}]$. (EW_Re)

<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--

- b) **Single-Choice:** Werden bestimmte Organe bestrahlt, so hängt die biologische Wirksamkeit auch von der Strahlenart ab. Die biologische Wirksamkeit wird im Strahlenschutz durch den Strahlungswichtungsfaktor berücksichtigt. Dieser ist i.d.R. unabhängig von der Energie der Teilchen.

Bei welcher Strahlungsart ist der Strahlungswichtungsfaktor von der Energie der Teilchen abhängig? (**EW_Re**)

- | | | | |
|--------------------------|------------|-------------------------------------|---------------|
| <input type="checkbox"/> | Photonen | <input checked="" type="checkbox"/> | Neutronen |
| <input type="checkbox"/> | Elektronen | <input type="checkbox"/> | Alphateilchen |

- c) **Single-Choice:** Einzelne Organe des Menschen sind gegenüber ionisierenden Strahlen besonders empfindlich. Bringen Sie die Organe bezüglich der Strahlenempfindlichkeit (**von niedrig zu hoch**) in die richtige Reihenfolge. (**EW_Ana**)

- A:** Keimdrüsen
B: Speiseröhre, Leber, Schilddrüse
C: Rotes Knochenmark, Lunge, Magen, Dickdarm
D: Gehirn, Haut, Knochenoberfläche

- | | | | |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | A < B < C < D | <input type="checkbox"/> | B < A < C < D |
| <input type="checkbox"/> | C < A < D < B | <input checked="" type="checkbox"/> | D < B < C < A |

Lösung & Kodierung
<p><u>Erwartungshorizont korrekt</u></p> <p>a) Äquivalentdosis beachtet im Gegensatz zur Energiedosis die Strahlenart ($H = \omega_R \cdot D$ mit dem dimensionslosen Strahlenwichtungsfaktor ω_R)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die korrekten Lösungen für die restlichen Aufgaben sind jeweils durch <input checked="" type="checkbox"/> markiert.
<p><u>Grenzfälle, die als korrekt gewertet werden</u></p> <p>a) $H = \omega_R \cdot D$ oder nur wörtliche Erklärung</p>
<p><u>Kodierung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Punkt für die richtige Lösung ▪ 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 3 Punkte erreichbar)

Aufgabe 9

Trägt man die Bindungsenergie als Funktion für Nuklide A_ZX mit gerader Massezahl A über die Kernladungszahl Z auf, so ergeben sich (aus dem Paarungsenergieterm des Tröpfchenmodells) zwei getrennte Parabeln für gg -Kerne (gerade Protonenzahl und gerade Neutronenzahl) und uu -Kerne (ungerade Protonenzahl und ungerade Neutronenzahl).

a) **Single Choice:** Welche Kerne sind in Bild 5 *stabil*? (UW_Ana) [Hilscher (1996)]

	<input type="checkbox"/> 1 und 7 <input type="checkbox"/> 2 und 5 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 3 und 6 <input checked="" type="checkbox"/> 3, 4 und 6 <input type="checkbox"/> 4
Bild 5 (Hilscher 1996, S. 93)	

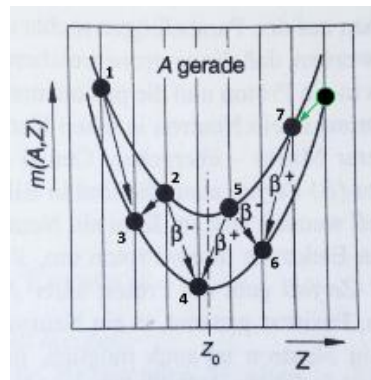
b) In Bild 5 sind nur Übergänge von uu - zu gg -Kernen gezeichnet. Ergänzen Sie die Abbildung um einen Übergang von einem gg - zu einem uu -Kern. (UW_Ana) [Hilscher (1996)]

Lösung & Kodierung

Erwartungshorizont korrekt

a) Die korrekte Lösung ist durch markiert.

b)

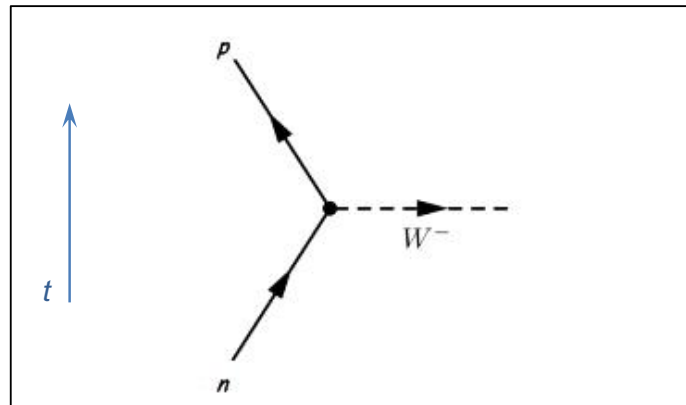
Kodierung

- 1 Punkt für die richtige Lösung
- 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 2 Punkte erreichbar)

Aufgabe 10 [Neu, orientiert an Müller et al. (2009)]

1932 reichten für Einstein bereits wenige Teilchen aus – nämlich Photonen, Elektronen, Neutronen und Protonen aus – um die Struktur der Materie und ihre Wechselwirkung mit elektromagnetischer Strahlung zufriedenstellend zu beschreiben. Mit der Entdeckung weiterer Teilchen sollte dieses Bild bald komplizierter, aber auch aufschlussreicher werden. Die Kenntnis des *Standardmodells für Elementarteilchenphysik (SM)* spielt insbesondere für kernphysikalische Prozesse eine wichtige Rolle.

- a) Beim β^- -Zerfall wandelt sich ein Neutron (n) spontan in ein Proton (p), ein Elektron (e^-) und ein Anti-Elektron-Neutrino ($\bar{\nu}_e$) um. Vervollständigen Sie das zugehörige Feynman-Diagramm. **(UW_Ver)**



- b) α -Strahlung und γ -Strahlung zeigen für die jeweilige Substanz typische Energiebeträge. β -Strahlung weist jedoch stets eine kontinuierliche Energieverteilung auf. Nennen Sie den Grund dafür. **(UW_Ana)**

.....

- c) **Single Choice:** Welcher Prozess ist in Bild 6 durch das Feynman-Diagramm dargestellt? **(UW_Ver)**

<p style="text-align: center;">Bild 6</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Paarerzeugung <input type="checkbox"/> Paarvernichtung <input type="checkbox"/> Fotoeffekt <input type="checkbox"/> β-Strahlung <input type="checkbox"/> γ-Strahlung <input checked="" type="checkbox"/> Compton-Effekt
---	--

d) Ordnen Sie den Kurven in Bild 7 die vier fundamentalen Wechselwirkungen (WW) zu. Tragen Sie die entsprechende Ziffer ein. **(VSW_Ana)**

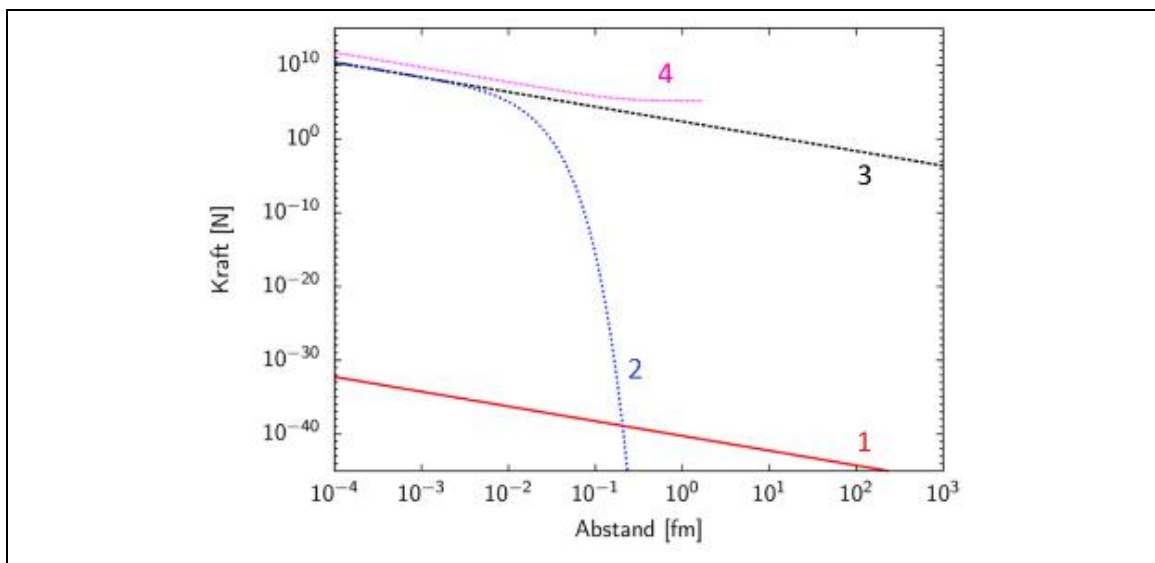


Bild 7 (Lindenau 2016, Folie 34)

Wechselwirkung	stark	schwach	elektromagnetisch	Gravitation
Kurve-Nr.:

Lösung & Kodierung

Lösung

- siehe Zeichnung
- Die Gesamtenergie der Strahlung verteilt sich auf die beiden emittierten Teilchen (e^- und $\bar{\nu}_e$).
- Die korrekte Lösung ist durch markiert.
- stark – schwach – elektromagnetisch – Gravitation : 4 – 2 – 3 – 1

Erwartungshorizont korrekt

b) Energie verteilt sich auf 2 Teilchen

Kodierung

- 1 Punkt für die richtige Lösung
- 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 4 Punkte erreichbar)

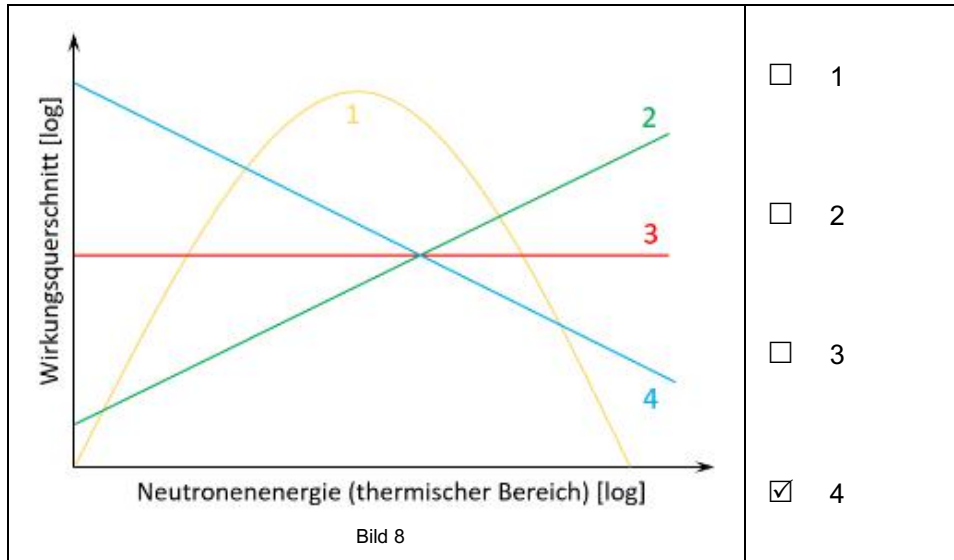
Hinweise

- Zeichnung weich kodieren: z.B. wenn Pfeilrichtung falsch ($\bar{\nu}_e$), aber Zeitrichtung richtig, als richtig werten

Aufgabe 11

Friedliche Nutzung der Kernenergie findet im Wesentlichen in Kernkraftwerken statt. Bei der Kernspaltung bzw. Kernfusion wird unter bestimmten Bedingungen thermische Energie freigesetzt, die in elektrische Energie umgewandelt werden kann.

- a) **Single Choice:** Zum Auslösen von Spaltprozessen benötigt man thermische Neutronen. Welche Kurve in Bild 8 gibt den Wirkungsquerschnitt für den Einfang von **thermischen Neutronen (ohne Resonanzeffekte)** schematisch wieder? **[Turtur (2013)] (UW_Ver)**



- b) Warum können auch vergleichsweise langsame Neutronen in den Atomkern eindringen? **[Müller et al. (2009)] (SW_Ver)**

- c) Beschreiben Sie kurz die Aufgabe / Funktion eines Moderators in einem Kernreaktor! **[Turtur (2013)] (VSW_Ver)**

Lösung & Kodierung
<u>Lösung</u> a) Die korrekte Lösung ist durch <input checked="" type="checkbox"/> markiert. b) Weil Neutronen elektrisch neutral geladen sind. Sie müssen somit bei Annäherung nicht gegen die Coulomb-Kräfte anlaufen. c) Der Moderator bremst die Neutronen (verringert die kinetische Energie).
<u>Erwartungshorizont korrekt</u> b) <ul style="list-style-type: none">▪ <i>Neutronen sind (elektrisch) neutral geladen</i>▪ <i>müssen nicht gegen Coulomb-Kräfte anlaufen</i>▪ <i>müssen nicht gegen abstoßende Kräfte anlaufen</i> c) <ul style="list-style-type: none">▪ <i>bremst Neutronen</i>▪ <i>verringert kinetische Energie</i>
<u>Erwartungshorizont inkorrekt</u> c) <i>sorgt dafür, dass Neutronen weitere Kerne spalten können (keine physikalische Erklärung)</i>
<u>Kodierung</u> <ul style="list-style-type: none">▪ 1 Punkt für die richtige Lösung▪ 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 3 Punkte erreichbar)

Aufgabe 12 [Neu, orientiert an Volkmer (2012)]

Trifft die von Radionukliden emittierte Strahlung auf einen Organismus, treten in den einzelnen Zellen ggf. physikalische, chemische und biologische Effekte auf.

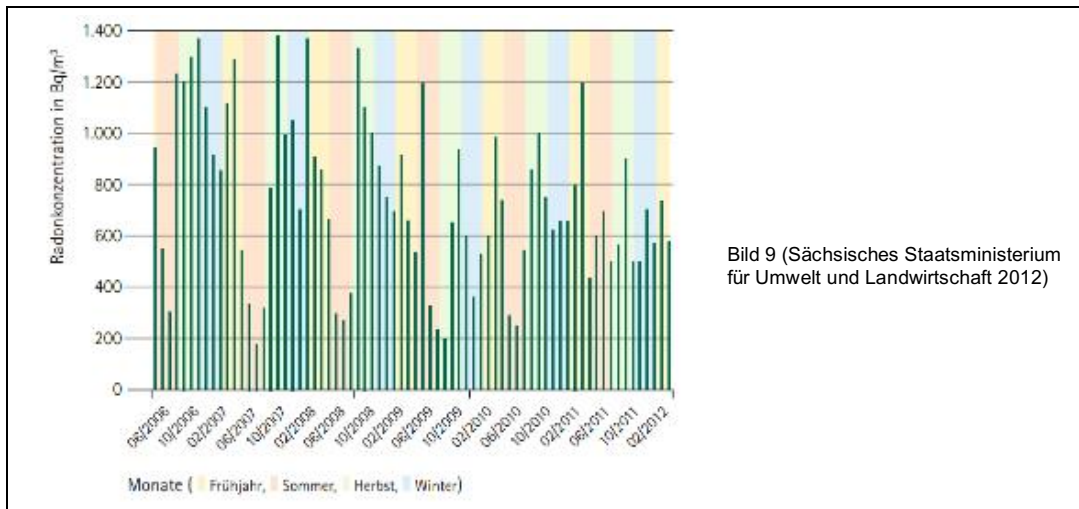
- a) Ordnen Sie den Wirkprozess der Strahlenbiologischen Reaktionskette. Schreiben Sie dazu die entsprechenden Buchstaben (A bis F) in die freien Kästchen. **(EW_Ver)**

Die strahlenbiologische Reaktionskette

- A: Radiolyse des Wassers, Veränderung von Aminosäuren
- B: Ionisation und Anregung von Atomen und Molekülen
- C: Somatische und genetische Schäden, Zelltod
- D: Funktionsverlust der Zelle, Schäden bei Individuum oder Nachkommen
- E: Reparatur der Veränderung (oder...)
- F: Rekombination (oder...)

- b) **Single Choice:** Radon ist ein radioaktives Edelgas, welches in ebenfalls radioaktive Tochternuklide zerfällt. Bild 9 zeigt den Verlauf der Monatsmittelwerte der Radonkonzentration in einem Erdgeschossraum. Woher kommen die jahreszeitlichen Unterschiede? **(EW_Ver)**

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Lüftungshäufigkeit
<input type="checkbox"/> Lüftungshäufigkeit & Witterungsverhältnisse
<input type="checkbox"/> Lüftungshäufigkeit & Windverhältnisse | <input type="checkbox"/> Witterungsverhältnisse
<input type="checkbox"/> Witterungsverhältnisse & Windverhältnisse
<input checked="" type="checkbox"/> Lüftungshäufigkeit, Witterungsverhältnisse & Windverhältnisse |
|---|--|



- c) **Single Choice:** Die biologische Halbwertszeit (Zeit, nach der die Hälfte eines vom Körper resorbierten radioaktiven oder stabilen Nuklids wieder ausgeschieden ist) von I-131 beträgt 80 Tage. Dessen physikalische Halbwertszeit beträgt 8,02 Tage. Nach wievielen Tagen ist die Strahlenbelastung von I-131 im Körper auf die Hälfte gesunken? (Hinweis: Ausschlussverfahren) (**EW_Ver**)

- | | | | |
|-------------------------------------|-----------|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | 8,02 Tage | <input type="checkbox"/> | 80 Tage |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 7,3 Tage | <input type="checkbox"/> | 77,65 Tage |
| <input type="checkbox"/> | 9,21 Tage | <input type="checkbox"/> | 84,8 Tage |

- d) **Single Choice:** Mit steigender Strahlungsmenge nimmt nicht nur die Schwere der Erkrankungen zu, sondern auch die Eintrittshäufigkeit (Wahrscheinlichkeit) für eine Erkrankung.

Welche der Kurven in Bild 10 gilt für kleine Strahlendosen (< 1 Sv)? (**EW_Ana**)

<p>Bild 10</p>	<table border="0"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>A</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>B</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>C</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>D</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>E</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>keine der Kurven ist empirisch gesichert</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	B	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>	E	<input checked="" type="checkbox"/>	keine der Kurven ist empirisch gesichert
<input type="checkbox"/>	A												
<input type="checkbox"/>	B												
<input type="checkbox"/>	C												
<input type="checkbox"/>	D												
<input type="checkbox"/>	E												
<input checked="" type="checkbox"/>	keine der Kurven ist empirisch gesichert												

Lösung & Kodierung

Lösung

- a) B → F → A → E → C → D
- Die korrekten Lösungen für die restlichen Aufgaben sind jeweils durch markiert.
 - (insgesamt 4 Punkte erreichbar)

Kodierung

- 1 Punkt für die richtige Reihenfolge bzw. Lösung
- 0 Punkte für gar keine oder falsche Lösung (insgesamt 4 Punkte erreichbar)

Hinweise

- bei a) hart kodieren, nur genau diese Reihenfolge

3 Aufgaben und Items für den Test des Fachdidaktischen Wissens (TFDW)

3.1 Zuordnung der (Teil-)Aufgaben

	Reproduzieren	Verstehen	Analysieren	Summe
Instruktionsstrategien (IS)	1 (3)	1 (4)	1 (2)	3 (9)
Darstellungsformen (DF)	1 (2)	2 (4)	1 (2)	4 (8)
Fachdidaktische Konzepte (FDK)	2 (7)	2 (5)	1 (1)	5 (13)
Experimente (Exp)	1 (2)	2 (4)	1 (1)	4 (7)
Kontext und Interesse (KI)	1 (3)	1 (3)	1 (1)	3 (7)
Summe	6 (17)	8 (20)	5 (7)	19 (44)

*) Die maximal erreichbaren Punkte stehen in Klammern.

3.2 Aufgabenpool

Im Folgenden sind die Aufgaben (inklusive Kodiermanual) in Auszügen dokumentiert. Die Aufgabensammlung und -entwicklung erfolgt auf Grundlage des für diese Studie adaptierten Itemmodells nach Gramzow (2015).

Zur Aufgabenentwicklung wurden verschiedene Quellen herangezogen. Einige Aufgaben ließen sich direkt aus den von Riese (2009) und Gramzow (2015) entwickelten Tests für das fachdidaktische Wissen entnehmen und ggf. in Bezug auf die Inhaltsbereiche Umweltradioaktivität und Eigenschaften ionisierender Strahlung adaptieren. Andere Aufgaben wurden auf Grundlage der unten angegebenen Quellen, eigenen Erfahrungen im Schülerlabor DeltaX und Gesprächen mit dem Schülerlaborpersonal entworfen und übernommen, sofern die Passung mit dem zu Grunde liegenden Itemmodell gegeben war.

Anschließend wurden die Aufgaben durch Experten der Arbeitsgruppe Physikdidaktik an der TU Dresden unter Leitung von Prof. G. Pospiech validiert und auf Basis der kritischen Anmerkungen entsprechend überarbeitet und angepasst.

Einblick in den gesamten Test kann auf Anfrage vom Autor gewährt werden.

3.3 Quellenangabe

Folgende **Quellen** wurden zur Aufgaben- und Itemkonstruktion herangezogen:

- Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion. In Studien zum Physik- und Chemie lernen; 181. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Heinicke, S. (2014a). Die Erforschung der Radioaktivität – eine geheimnisvolle Wissenschaft. Naturwissenschaften Im Unterricht - Physik, 25(141/142).
- Heinicke, S. (2014b). Radioaktivität entsteht, wenn man Strom herstellt.” Naturwissenschaften Im Unterricht - Physik, 25(141/142).
- Heinicke, S. (2014c). Was ist denn jetzt das richtige Ergebnis? Naturwissenschaften Im Unterricht - Physik, 25(141/142).
- Kiesling, K., & Friege, G. (2014). Das strahlende Klassenzimmer - Schülerexperimente zur Radioaktivität für die Sekundarstufe I. Naturwissenschaften Im Unterricht - Physik, 25(141/142).
- Krause, E. (2014). Analogien im Physikunterricht -Warum Analogien in der Physik mehr sind als nur allgemeine heuristische Prinzipien. Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung.
- Meyer, S. (2013). Schülervorstellungen zur Radioaktivität reloaded: Eine Vergleichsstudie vor und nach Fukushima. Universität Oldenburg.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. In Studien zum Physik- und Chemie lernen; 97. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Aufgabe 1 (Exp_Re) [Aus Gramzow (2015)]

Das *Experiment* spielt im Physikunterricht eine zentrale Rolle.

Nennen Sie bitte zwei verschiedene Ziele bzw. Funktionen des Experiments im Physikunterricht!

1. _____

2. _____

Lösung & Kodierung
<p><u>Erwartungshorizont korrekt</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pädagogische Funktion: Es trägt zur Bildung der Schüler bei, indem sie kausales und funktionales Denken, Kreativität fördern, etc. ▪ Lernpsychologische Funktion: Experimente motivieren, wecken Interesse, machen das Lernen erfahrbar, etc. ▪ Erkenntnistheoretische Funktion: Das Experiment ist Methode der Erkenntnisgewinnung in der Physik, etc. ▪ Fachliche Funktion: Experimente visualisieren/veranschaulichen physikalische Sachverhalte, unterstützen die Bildung von Begriffen, etc. <i>Zum Erarbeiten eines physikalischen Konzepts.</i> <i>Praktische Anwendung von Modellen</i> ▪ Praktische Funktion: Schüler üben den Umgang mit Messdaten, deren Auswertung, mit dem Umgang von Messgeräten etc. ▪ Leistungsbeurteilung: Leistungen von Schülern im Rahmen einer experimentellen Aufgabe überprüfen
<p><u>Grenzfälle, die als korrekt gewertet werden</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Veranschaulichen</i> wird mit Interpretation als fachliche Funktion gewertet ▪ <i>Sorgfältiges Arbeiten lernen</i> wird mit Interpretation als praktische Funktion gewertet ▪ <i>Gemeinschaftliches Event, hebt sich ab vom Lernalltag</i> wird mit Interpretation als lernpsychologische Funktion gewertet
<p><u>Erwartungshorizont inkorrekt</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es werden keine oder Antworten gegeben, die sich keinem der fünf Bereiche des korrekten Erwartungshorizontes zuordnen lassen, zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> – Experimente haben keine unterrichtliche Funktion – Experimente müssen vorkommen aufgrund des Lehrplans – Experimente machen den Unterricht zeitökonomischer – Experimente führen zu besserem Verständnis oder Verständnis – Durch Experimente behält man das Wissen eher im Kopf. ▪ Ziel oder Funktion im Unterricht ist die Abwechslung
<p><u>Kodierung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ je 1 Punkt für verschiedene Funktionen ▪ 0 Punkte für gar keine oder eine Funktion (insgesamt 2 Punkte erreichbar)

Aufgabe 2 (IS_Ver) [Neu, auf Basis von Heinicke (2014b)]

Unterstreichen Sie alle Aussagen in der folgenden Schüleräußerung, die aufgrund von falschen Konzepten zum Strahlungsbegriff zustande gekommen sind und begründen Sie jeweils Ihre Wahl:

Radioaktive Strahlung ist immer eine Teilchenstrahlung. [...] Umso energiereicher die radioaktive Strahlung ist, umso gefährlicher ist sie auch für uns, da mehr Energie von unserem Körper absorbiert wird. Neben der Energie spielt auch die Strahlenart an sich eine Rolle. So ist ein inkorporierter α -Strahler gefährlicher als ein β -Strahler, der wiederum gefährlicher als ein γ -Strahler ist.

Begründung: _____

Lösung & Kodierung**Erwartungshorizont korrekt**1. Radioaktive Strahlung

- Der Strahler bzw. das Nuklid ist radioaktiv, die Strahlung nicht (ionisierende Strahlung).

2. immer eine Teilchenstrahlung

- γ -Strahlung ist keine Teilchenstrahlung (Gamma-Quant, el.-mag. Welle)

3. umso gefährlicher ist sie auch

- Nein, das entscheidende ist der Wirkungsquerschnitt. Dieser nimmt von z.B. α -Teilchen mit zunehmender Energie ab. D.h. die Anzahl ionisierter Atome im Gewebe nimmt ab. Die getroffene Aussage ist nicht korrekt und entstammt eher klassischer Vorstellung.

3. β -Strahler, der wiederum gefährlicher als ein γ -Strahler ist

- Der Strahlenwichtungsfaktor ist für beide Strahlenarten gleich.

Erwartungshorizont inkorrekt

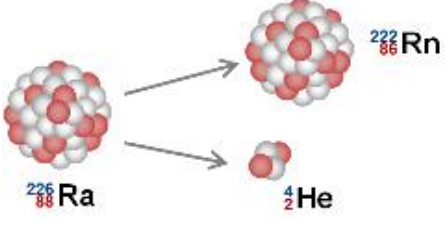
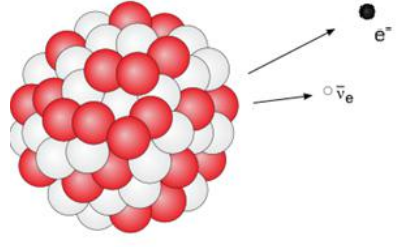
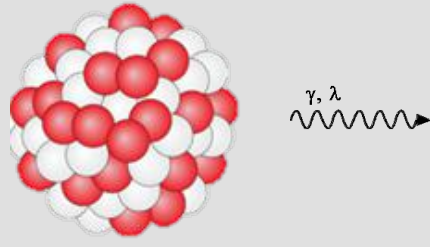
Es werden andere Aussagen unterstrichen. Als inkorrekt gilt auch, wenn richtig unterstrichen, aber falsch begründet wurde.

Kodierung

- je 1 Punkt für eine korrekte Unterstreichung **und** Begründung
- 0 Punkte für keine oder inkorrekte Unterstreichung **oder** Begründung (insgesamt 4 Punkte erreichbar)

Aufgabe 3 (DF_Ver) [Neu, auf Basis eigener Erfahrungen im Schülerlabor]

Sie wollen den Begriff *Radioaktivität* veranschaulichen. Sind die folgenden Darstellungen in Bezug auf Verständnisschwierigkeiten und Schülerfehl-vorstellungen dafür problematisch?

	Ja	Nein
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Lösung & Kodierung

Problematisch, da angenommen werden kann, dass:

- Aus Ra-226 tritt Rn-222 und He-4 heraus (Ra-226-Nuklid zerfällt nicht)
- Aus dem Kern treten Elektron und Neutrino aus, aber der Kern bleibt gleich (keine Umwandlung von Neutron in Proton)

Kodierung

- 4 Einzelitems: dichotom kodieren zu je $1/2$ Punkt (insgesamt 2 Punkte erreichbar)

Aufgabe 4 (FDK_Ana) [Neu, auf Basis von Heinicke (2014a)]

Schülerexperimente zur Radioaktivität nehmen aufgrund mangelnder Erfahrbarkeit, der stochastischen Natur der Strahlung und des eher engen rechtlichen Spielraums eine Sonderrolle unter den Experimenten im Physikunterricht ein.

Beschreiben Sie kurz, wie Sie die stochastische Natur dieser Experimente im Unterricht für das *Verständnis von Physik* der Lernenden nutzen können (also: Welche Chance bietet die stochastische Natur der Experimente?).

Lösung & Kodierung
<p><u>Erwartungshorizont korrekt</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Der radioaktive Zerfall ist einer der sehr seltenen Fälle in der Natur, in denen sich einzelne zufällige Ereignisse (hervorgerufen durch quantenmechanische Fluktuationen des Kerns im erhöhten Energiezustand) durch Lernende sehr einfach registrieren lassen. ▪ Dies lässt sich für den Unterricht hervorragend als Beispiel für den strukturierten Zufall als Eigenschaft der Natur nutzen.
<p><u>Grenzfälle, die als korrekt gewertet werden</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>bessere Verständlichkeit für andere Phänomene der Quantenphysik, wie z.B. die spukhafte Fernwirkung (korrekt, da konkretes Beispiel für den strukturierten Zufall als Eigenschaft der Natur)</i> ▪ <i>Verdeutlichen dass es unmöglich berechnet werden kann, wann genau ein Zerfall stattfindet.</i>
<p><u>Grenzfälle, die als inkorrekt gewertet werden</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Bewusstsein für Quantenphysik fördern. (Zu viel Interpretation nötig, daher falsch)</i>
<p><u>Erwartungshorizont inkorrekt</u></p> <p>Es werden keine Aussagen gemacht, die sich auf die Quantenmechanik beziehen oder zu unkonkret ausfallen oder sich auf stochastische Prozesse beziehen, deren stochastische Natur lediglich auf komplizierte Berechnungen zurückgehen; zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Beispiel für chaotische Prozesse.</i> ▪ <i>Beispiel für Bierschaum. Niemand kann wirklich vorhersagen, wann ein Bierschaumbläschen zerplatzt.</i>
<p><u>Kodierung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Punkt für eine Antwort im Sinne des korrekten Erwartungshorizonts ▪ 0 Punkte für gar keine oder inkorrekte bzw. zu vage Antwort

Aufgabe 5 (2x Exp_Ver) [Neu, auf Basis von Kiesling und Friege (2014)]

Die Verfügbarkeit von Schülerexperimenten zum Themenbereich Radioaktivität erhöht den methodischen Spielraum der Lehrkraft. Allerdings stehen in einer Schule nicht immer die nötigen Experimentiergeräte bereit.

- a) In Ihrer Schule stehen zur Verfügung: Experimentiersätze zur Radioaktivität (bestehend aus Geiger-Müller-Zählrohr, Strahlerstifte, Stativmaterial und Materialproben). Ergänzen Sie die Liste um vier weitere durchführbare Experimente:

Abstandsgesetz, Ablenkung im Magnetfeld, Absorption in Materialien,

- b) In Ihrer Schule stehen weder Geiger-Müller-Zählrohre, noch Strahlerstifte bereit. Nennen Sie vier realistisch durchführbare Möglichkeiten, die einen facettenreichen Umgang mit radioaktiven Phänomenen dennoch ermöglichen.

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

Lösung & Kodierung
<p><u>Erwartungshorizont korrekt</u></p> <p>a) Im Schulkontext realistisch durchführbare Experimente, z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Nulleffekt und Nullrate</i> ▪ <i>Statistische Streuung</i> ▪ <i>Absorption bei Variation der Materialdicke</i> ▪ <i>Strahlungscharakteristik</i> ▪ <i>Radioaktivität im Leitungswasser</i> ▪ <i>Radioaktivität in der Luft / Zigarettenrauch</i> ▪ <i>Äquivalentdosis</i> ▪ <i>Messung der Halbwertszeit</i> <p>b) Möglichkeiten für einen facettenreichen Umgang mit radioaktiven Phänomenen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Klassische Medien zur Recherche</i> ▪ <i>Exkursion an ein Krankenhaus</i> ▪ <i>Bau einer Nebelkammer mit Umweltproben</i> ▪ <i>Analogieexperimente</i> ▪ <i>Simulationen oder Animationen (zählt als eine Möglichkeit)</i>
<p><u>Erwartungshorizont inkorrekt</u></p> <p>Es werden keine oder solche Experimente genannt, die sich nicht in der Schule durchführen lassen oder die das übliche Schulequipment übersteigen, zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Messung von Atommüll (a)</i> ▪ <i>Messung kosmischer Strahlung (a)</i> ▪ <i>Begutachtung von Strahlenwirkung am Körper von verstrahlten Menschen (b)</i>
<p><u>Kodierung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ je $\frac{1}{2}$ Punkt für einen korrekten Aspekt ▪ a: 0 Punkte für kein oder inkorrekten Aspekte (insgesamt 2 Punkte erreichbar) ▪ b: 0 Punkte für kein oder inkorrekten Aspekte (insgesamt 2 Punkte erreichbar)

Einblick in den gesamten Test kann auf Anfrage vom Autor gewährt werden.

4 Aufgaben und Items für den Test des Pädagogischen Wissens

4.1 Zuordnung der Aufgaben

Im Folgenden sind die Aufgaben (Situationen) für den Test des pädagogischen Wissens (inklusive Kodiermanual) in Auszügen dokumentiert.

Einblick in den gesamten Test kann auf Anfrage vom Autor gewährt werden.

Es handelt sich um 32 Items im Single-Choice-Format. Diese prüfen, inwieweit das anwendungsbezogene Wissen für eine pädagogisch sinnvolle Gesprächsführung ausgebildet ist (22 Items) und inwieweit es für die erfolgreiche Durchführung von Gruppenunterricht (sowie im Unterricht, als auch im Schülerlabor) ausgebildet ist (10 Items). Beide Aufgabenteile stammen sämtlich aus den Testinstrumenten von Kemna (2012) und wurden im Hinblick auf den Kontext Schülerlabor leicht modifiziert.

- Kemna, P. W. (2012). Messung pädagogischer Basiskompetenzen von Lehrerinnen und Lehrern. Münster: Waxmann Verlag.

	sehr leicht	leicht	mittelschwer	schwer	Summe
päd. Gesprächswissen (PGW)	1	4	12	5	22
Wissen für Gruppenbetreuung (GBW)	0	2	4	4	10
Summe	1	6	16	9	32

4.2 Schwierigkeit der Items & Quellennachweis

Lösungswahrscheinlichkeit p nach Kemna (2012)	Aufgabennummern	Σ
20 bis 39 % (schwer)	PGW 2, 4, 5, 11 & 17 GBW 3, 4, 6 & 10	5 4
40 bis 60 % (mittelschwer)	PGW 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 18 & 22 GBW 2, 5, 8 & 9	12 4
61 bis 80 % (leicht)	PGW 14, 19, 20 & 21 GBW 1 & 7	4 2
mehr als 80 % (sehr leicht)	PGW 15 GBW -	1 0

Konstruiert, evaluiert und revidiert von Kemna (2012) im Wesentlichen nach:

- Bachmair, S./Faber, J./Hennig, C./Kolb, R./Willig, W. (1999): Beraten will gelernt sein: Ein praktisches Lehrbuch für Anfänger und Fortgeschrittene. Weinheim, 2. Aufl.: Beltz.
- Bauer, K.-O. (2005): Pädagogische Basiskompetenzen: Theorie und Training. Weinheim: Juventa.
- Culley, S. (1996): Beratung als Prozess. Lehrbuch kommunikativer Fertigkeiten. Weinheim: Beltz.
- Pallasch, W./Kölln, D. (2009): Pädagogisches Gesprächstraining. Lern- und Trainingsprogramm zur Vermittlung therapeutischer Gesprächs- und Beratungskompetenz. Weinheim, 7. Aufl.: Juventa.
- Whitmore, J. (2001): Coaching für die Praxis. München, 4. Aufl.: Heyne.
- Bastian, J./Merziger, P. (2007): Selbstreguliert lernen: Konzept - Befunde - Erfahrungen. In: Pädagogik 59 (7-8), S. 6-11.
- Dann, H.-D./Diegritz, T./Rosenbusch, H.S. (1999) (Hrsg): Gruppenunterricht im Schulalltag: Realität und Chancen. Erlangen: Universitätsbibliothek.
- Decker, F. (1998): Teamworking: Gruppen erfolgreich führen und moderieren. München, 3. Aufl.: Lexika.
- Gudjons, H. (1993) (Hrsg.): Handbuch Gruppenunterricht. Weinheim: Beltz. Haag, L. (1999): Die Qualität des Gruppenunterrichts im Lehrerwissen und Lehrerhandeln. Lengerich: Pabst.
- Innerhofer, P./Roterberg-Steinberg, S. (1988): Gruppen leiten, aber wie? Ein Manual für Tutoren, Erwachsenenbildnerinnen, Kursleiter, Trainerinnen. Wien: WUV.
- Jürgensen, E. (2000): Von der Klasse zum Team: Unterrichtsvorschläge zum themen-, methoden- und beziehungsorientierten Lernen. Frankfurt a. M.: Diesterweg.
- Klebert, K./Schrader, E./Straub, W. (2006): Moderationsmethode: das Standardwerk. Hamburg, 3. Aufl.: Windmühle.
- Klippert, H. (2000): Teamentwicklung im Klassenraum: Übungsbausteine für den Unterricht. Weinheim, 4. Aufl.: Beltz.
- Knoll, J. (1998): Kleingruppenarbeit anregen und zentrieren. In: Gudjons, H. (Hrsg.): Die Moderationsmethode in Schule und Unterricht. Hamburg: Bergmann und Helbig.
- Nürnberger Projektgruppe (2001): Erfolgreicher Gruppenunterricht: Praktische Anregungen für den Schulalltag. Stuttgart: Klett.
- Schimansky, A. (2006): Die Moderationsmethode als Strukturierungsansatz effektiver Gruppenarbeit. Lengerich: Pabst.
- Vogelsberger, M. (2006): Mit Eltern, Gruppen und Teams erfolgreich arbeiten. Weinheim: Beltz.
- Weidner, M. (2006): Kooperatives Lernen im Unterricht: Das Arbeitsbuch. Seelze, 3. Aufl.: Kallmeyer.

4.3 Aufgabenpool

Test: Pädagogisches Gesprächswissen (PGW) (nach Kemna 2012)
Situation 1 Eine Schülerin sagt beunruhigt am Ende der letzten Unterrichtsstunde vor einem Test zu Ihnen: Ich habe momentan so viel zu tun und irgendwie ist das alles zu viel.
<input type="checkbox"/> Das ist doch alles halb so wild. <input type="checkbox"/> Was hast Du denn so zu tun? <input checked="" type="checkbox"/> Du machst Dir Sorgen, ob Du den Test bestehst, weil Du so viel zu tun hast. <input type="checkbox"/> Keine Sorge, du schaffst das schon. Da bin ich mir sicher. <input type="checkbox"/> Möchtest Du, dass ich den Test einfacher mache?
Situation 2 (geändert: Was genau meinen Sie damit? hinzugefügt) Ein Arbeitskollege sagt Ihnen im Verlaufe eines fortgeschrittenen Dialogs: Mir ging es in den letzten Tagen nicht gut. Ich fühle mich irgendwie elend.
<input type="checkbox"/> Wieso fühlen Sie sich elend? <input checked="" type="checkbox"/> Hmm, elend... Was genau meinen Sie damit? <input type="checkbox"/> Kann ich Ihnen irgendwie helfen? <input type="checkbox"/> Was haben Sie die letzten Tage gemacht? <input type="checkbox"/> So wie ich Sie kenne, wird das schon wieder.
Situation 3 In Ihrer Tätigkeit als Lehrkraft in einer neunten Klasse werden Sie von einer Schülerin nach ihrem Referat gebeten, ein Feedback diesbezüglich abzugeben. Nach einer kurzen Rückfrage stellt sich heraus, dass ein Feedback über die Arbeitsmaterialien gewünscht wird.
<input type="checkbox"/> Mir gefielen die Folien hervorragend! Die Flipcharts waren jedoch nicht so gut, wie ich es mir gewünscht hätte. <input checked="" type="checkbox"/> Die Folien waren übersichtlich gestaltet und nicht zu voll gepackt. Die Flipcharts konnten jedoch in der letzten Reihe nicht mehr gelesen werden. <input type="checkbox"/> Sie haben ausgezeichnete Folien erstellt und Sie haben diese auch gut erläutert. Die Flipcharts waren inhaltlich in Ordnung, aber nicht so gut wie die Folien. <input type="checkbox"/> Bei den Folien haben Sie ganze Arbeit geleistet. Bei den Flipcharts müssen Sie noch etwas verbessern. <input type="checkbox"/> Die Folien waren gut durchdacht und nicht überladen. Die Flipcharts gefielen mir gut, aber hätten noch etwas besser gemacht werden können.

Test: Wissen für Gruppenbetreuung (GBW) (nach Kemna 2012)
<p>Situation 5: Im Unterricht</p> <p>In der Gruppenbildungsphase stellen Sie fest, dass ein autoritär handelnder Schüler (namens Dennis) und eine sozio-emotional ausgerichtete Schülerin (namens Hannah) in dieselbe Gruppe gehen. Aus Erfahrung wissen Sie, dass der autoritär handelnde Schüler stets die Rolle des Gruppenführers übernimmt. Was sagen Sie als Sie das bemerken?</p> <p> <input type="checkbox"/> Ich sage gar nichts, denn das muss die Gruppe selbst entscheiden. <input type="checkbox"/> Dennis, wie wäre es, wenn heute jemand anderes die Gruppenleitung übernimmt? <input type="checkbox"/> Zur Dennis gewandt: Ich glaube, dass Du wieder die Gruppenleitung übernimmst, oder Du leistest dann ja auch immer die ganze Arbeit und die anderen ziehen gut mit. <input type="checkbox"/> Ich sage gar nichts, denn ein autoritärer Gruppenführer leistet der Gruppe gute Arbeit <input checked="" type="checkbox"/> Zur Gruppe gewandt: Was haltet ihr davon, wenn Hannah heute die Gruppenleitung übernimmt? </p>
<p>Situation 6: Im Schülerlabor (geändert)</p> <p>Nach dem Eingangsvortrag und der Sicherheitsbelehrung betreten die Schüler das Schülerlabor und die Verteilung der Gruppen an die Stationstische beginnt. Angenommen, Sie kennen die Schüler der Klasse schon sehr genau. Wie gestalten Sie die Gruppenfindung?</p> <p> <input type="checkbox"/> Am besten geeignet ist die zufällige Gruppenzusammensetzung. Ich verteile die Schüler zufällig auf die Stationen. Auf diese Weise erhalte ich Gruppen mit unterschiedlich leistungsstarken Schülern für die Diskussion. <input checked="" type="checkbox"/> Prinzipiell ist es den Schülern zu überlassen, sich in Kleingruppen zusammenzufinden. Daher sollen auch in diesem Fall die Schüler selbst die Gruppen bilden. <input type="checkbox"/> Ich überlege mir im Vorfeld, wer mit wem in eine Gruppe gehen soll und stelle die Gruppen selbst zusammen. So bestehen optimale Gruppenzusammensetzungen. <input type="checkbox"/> Ich plane, dass sich die Schüler selbst zu Gruppen zusammensetzen. Mögliche Außenseiter weise ich dann aber explizit bestimmten Gruppen zu, damit diese gute aufgehoben sind. <input type="checkbox"/> Die Schüler dürfen sich zunächst selbst in Gruppen zusammenfinden. In einem weiteren Schritt sollen dann aber zwei Personen von einer Gruppe in die andere wechseln. Welche Personen das sind sollen die Schüler unter sich ausmachen. </p>
<p>Lösung & Kodierung</p> <p><u>Lösung</u></p> <p>Es handelt sich sämtlich um Aufgaben im Single Choice Format.</p> <p>Die korrekten Lösungen – im Sinne der pädagogisch besten Lösung (Kemna 2012) – sind in dieser Sammlung jeweils durch <input checked="" type="checkbox"/> markiert.</p> <p><u>Kodierung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Punkt für die korrekte Lösung ▪ 0 Punkte für keine oder inkorrekte Wahl

Einblick in den gesamten Test kann auf Anfrage vom Autor gewährt werden.

5 Items der Skalen zu Überzeugungen & Werthaltungen

KONSTRUKT / FACETTE / SKALA				
Unterkonstrukt				
#	Kürzel	Item	Ausprägung	Herkunft

HERKUNFT	
Kürzel	Quelle / Bedeutung
RIE09	Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. In Studien zum Physik- und Chemielemen; 97. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

WERTBINDUNGEN / PROFESSIONSMORAL				
Einstellung zum Lehrerberuf (4 Items mit Cronbachs $\alpha=0.49$ N=13)				
	BWLB1	<i>Ein Lehrer, der nicht mehr mit Idealismus bei der Sache ist, sollte besser den Beruf wechseln.</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09
	BWLB2	<i>Lehrer sollten auch privat ihren Schülern Vorbild sein.-(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09 (angepasst)
	BWLB3	<i>Man kann eigentlich kein wirklich guter Lehrer sein, wenn man das Unterrichten vorwiegend als Mittel zum Broterwerb auffasst.</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09
	BWLB4	<i>Niemand kann von einem Lehrer erwarten, dass er mehr tut, als seine Pflicht.*</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09 (angepasst)
	BWLB5	<i>Das Unterrichten sollte als eine berufliche Tätigkeit wie jede andere aufgefasst werden.*</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09
Einstellungen zum Berufsbild (6 Items mit Cronbachs $\alpha=0.70$ N=13)				
	BWBB1	<i>Im Zweifelsfall muss die Vermittlung fundierten Sachwissens Vorrang vor allgemeinen pädagogischen Bemühungen haben.*</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09
	BWBB2	<i>Die Schule sollte sich wieder mehr auf die Vermittlung des Lehrstoffs konzentrieren und sich etwas weniger mit allgemeinen Erziehungsproblemen beschäftigen.*</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09
	BWBB3	<i>Lehrer sollten vor allem Pädagogen und weniger Fachwissenschaftler sein.</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09
	BWBB4	<i>Ein Fachlehrer sollte sich in seiner freien Zeit mehr mit fachwissenschaftlicher als mit pädagogischer Literatur beschäftigen.*</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09
	BWBB5	<i>Die Schule sollte nicht in erster Linie Wissen vermitteln, sondern vor allem charakterliche gefestigte junge und autonome Menschen heranbilden.</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09
	BWBB6	<i>Ein Fachlehrer, der in erster Linie Wissen beibringen und nicht erziehen will, ist für den Lehrerberuf weniger geeignet.</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09 (angepasst)

SUBJEKTIVE THEORIEN ÜBER DAS LEHREN UND LERNEN VON PHYSIK			
Rezeptartiges Lernen (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.71$ N=13)			
BSR1	<i>Gutes Erklären des Lehrers ist im Physikunterricht wichtiger als das Schaffen entsprechender Gelegenheiten zum eigenständigen Lernen.*</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>		Aus RIE09 (angepasst)
BSR2	<i>Im Physikunterricht muss der Lehrer den Unterricht stärker steuern als im Sprachunterricht.*</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>		Aus RIE09 (angepasst)
BSR3	<i>Schüler sollten Experimente selbst planen und durchführen.</i>		Aus RIE09 (angepasst)
BSR4	<i>Durch Erklärungen und Demonstrationen des Lehrers lernen Schüler Physik am besten.*</i>		Aus RIE09 (angepasst)
BSR5	<i>Die Lehrperson sollte sich im Physikunterricht etwas zurücknehmen und in erster Linie nur die Rolle des Mentors einnehmen.</i>		Aus RIE09 (angepasst)
Aufgeschlossenheit gegenüber Methoden (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.64$ N=13)			
WNM1	<i>Physiklehrer sollten im Unterricht vor Allem bewährte Dinge tun.*</i>		Aus RIE09 (angepasst)
WNM2	<i>Der Physikunterricht ist gut geeignet, soziale Kompetenzen zu fördern.</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>		Aus RIE09 (geändert)
WNM3	<i>Im Physikunterricht bringt Einzelarbeit mehr als andere Methoden (wie z.B. Gruppenpuzzle).*</i>		Aus RIE09 (geändert)
WNM4	<i>Häufig eingesetzte neue Unterrichtsmethoden und Effektivität im Physikunterricht – das passt nicht zusammen.*</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>		Neu
WNM5	<i>Physikunterricht sollte fragend-entwickelnd angelegt sein.*</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>		Neu
WNM6	<i>Die Vielfalt einsetzbarer Methoden ist im Physikunterricht geringer als in anderen Fächern.*</i>		Neu
Experimente im Physikunterricht (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.70$ N=13)			
BSExp1	<i>Auch ein Unterricht ohne Experimente kann den Schülern ein angemessenes Bild von Physik vermitteln.*</i>		Aus RIE09 (angepasst)
BSExp2	<i>Experimente sind wichtig, um Schüler für den Physikunterricht zu motivieren.</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>		Aus RIE09 (angepasst)
BSExp3	<i>Experimente im Physikunterricht sind wichtig, stören aber den Unterrichtsfluss.*</i>		Neu
BSExp4	<i>Durch den häufigen Einsatz von Experimenten wird der Lernerfolg größer und dauerhafter.</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>		Aus RIE09
BSExp5	<i>In höheren Klassenstufen kann die Dichte an Experimenten im Physikunterricht reduziert werden.</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>		Neu
BSExp6	<i>Um zu garantieren, dass der Lehrstoff vollständig vermittelt wird, sollte bei geringem Zeitkontingent die Anzahl an Experimenten reduziert werden.*</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>		Neu

BSExp7	<i>Physik kann man nur mithilfe von Experimenten richtig lernen und verstehen.</i>		Aus RIE09
Schülerorientierung beim Experimentieren (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.83$ N=13)			
WSO1	<i>Lehrerexperimente sind besser geeignet als Schülerexperimente, um den Unterricht interessanter zu gestalten. *</i>		Aus RIE09
WSO2	<i>Lehrerversuche sind gegenüber Schülerversuchen effizienter, wenn die Ziele des Physikunterrichts erreicht werden sollen. *</i>		Neu
WSO3	<i>Werden gut durchdachte Experimente im Unterricht verwendet, müssen diese im Physikunterricht nicht unbedingt zusammen mit den Schülern im Unterrichtsverlauf entwickelt werden. *</i> <i>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>		Aus RIE09 (angepasst)
WSO4	<i>Über die experimentelle Methode kann man nur mit Schülern höherer Klassenstufe diskutieren. *</i>		Aus RIE09 (angepasst)
WSO5 (=BSR3)	<i>Schüler sollten Experimente selbst planen und durchführen. (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>		Aus RIE09 (angepasst)
WSO6	<i>Gut gemachte Demonstrationsexperimente können auch Schülerexperimente ersetzen. *</i> <i>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>		Neu

6 Items der Skalen zu Motivationalen Orientierungen

KONSTRUKT / FACETTE / SKALA				
Unterkonstrukt				
#	Kürzel	Item	Ausprägung	Herkunft

HERKUNFT	
Kürzel	Quelle / Bedeutung
RIE09	Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. In Studien zum Physik- und Chemielernen; 97. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
ROT07	Roth, G., Assor, A., Kanat-Maymon, Y., & Kaplan, H. (2007). Autonomous motivation for teaching: How self-determined teaching may lead to self-determined learning. Journal of Educational Psychology, 99(4), 761–774. http://doi.org/10.1037/0022-0663.99.4.761
SCS99	Schwarzer, R., & Schmitz, G. (1999). Skalen zur Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartung (WIRKLEHR) und zur Proaktiven Einstellung (PRO). In M. Jerusalem & R. Schwarzer (Eds.), Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen.

SELBSTWIRKSAMKEITSERWARTUNG				
bezogen auf Physik lehren (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.76$ N=13)				
	MSP1	<i>Ich habe keine Probleme auf die physikalischen Fragen von Schülern zu antworten.</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09 (geändert)
	MSP2	<i>Nachfragen im Physikunterricht sind mir sehr willkommen.</i> (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Neu, orientiert an RIE09
	MSP3	<i>Ich würde meinen künftigen Schulleiter lieber zur Beurteilung des Unterrichts meines Zweitfachs, als zur Beurteilung meines Physikunterrichts einladen.</i> (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus RIE09 (geändert)
	MSP4	<i>Wenn ein Schüler Verständnisprobleme bei einem physikalischen Konzept hat, werde ich hin und wieder ratlos sein, wie ich ihm beim Verstehen des Konzepts helfen kann.</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09 (geändert)
	MSP5	<i>Ich finde es schwierig zu erklären, wie ein physikalisches Experiment funktioniert.</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09 (angepasst)
	MSP6	<i>Ich frage mich manchmal, ob ich die notwendigen Fähigkeiten habe, speziell Physik zu unterrichten.</i> * (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus RIE09 (angepasst)
	MSP7	<i>Ich werde mich als Lehrkraft im praktischen Umgang mit physikalischen Experimenten eher schwer tun.</i> * (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus RIE09 (angepasst)

LEHR-MOTIVATION				
Extrinsische Motivation (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.82$ N=13)				
	MMExt1	<i>Wenn ich mit Schülern Einzelgespräche führe, dann tue ich das, weil ich will, dass die Eltern meine Kenntnisse und Vertrautheit mit ihren Kindern schätzen.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
	MMExt2	<i>Wenn ich nach interessanten Themen für den Unterricht suche und neue Unterrichtsmethoden ausprobiere, dann tue ich das, weil ich will, dass die Eltern zufrieden sind und sich nicht beklagen.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
	MMExt3	<i>Wenn ich mich bemühe ein besserer Lehrer zu werden, dann tue ich das, damit mir der Schulleiter und die Kollegen keine Probleme machen.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
	MMExt4	<i>Wenn ich mich bemühe ein besserer Lehrer zu werden, dann tue ich das, weil ich Störungen und Disziplinprobleme während des Unterrichts verhindern möchte.</i> (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
Introjierte Motivation (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.57$ N=13)				
	MMInt1	<i>Ich suche nach interessanten Themen für den Unterricht und probiere neue Unterrichtsmethoden aus, weil ich es peinlich finde, immer auf gleiche Weise zu unterrichten.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
	MMInt2	<i>Wenn ich mich bemühe ein besserer Lehrer zu werden, dann tue ich das, weil ich mich sonst schämen würde mich nicht genug anzustrengen.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
	MMInt3	<i>Wenn ich mich bemühe ein besserer Lehrer zu werden, dann tue ich das, weil ich mich sonst schuldig fühlen würde.</i> (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
	MMInt4	<i>Wenn ich mit Schülern Einzelgespräche führe, dann tue ich das, weil es mich stolz macht.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
Identitätsbestimmte Motivation (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.47$ N=13)				
	MMId1	<i>Wenn ich nach interessanten Themen für den Unterricht suche und neue Unterrichtsmethoden ausprobiere, dann tue ich das, weil ich es für wichtig erachte, über Innovationen und Neuigkeiten der Lehrtätigkeit Bescheid zu wissen.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
	MMId2	<i>Wenn ich nach interessanten Themen für den Unterricht suche und neue Unterrichtsmethoden ausprobiere, dann tue ich das, weil von dem was im Unterricht passiert lernen kann.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
	MMId3	<i>Wenn ich mich bemühe ein besserer Lehrer zu werden, dann tue ich das, um den Schülern zu vermitteln, dass sie mir wichtig sind.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)
	MMId4	<i>Wenn ich mich bemühe ein besserer Lehrer zu werden, dann tue ich das, weil es für mich wichtig ist, anderen Leuten zu helfen.</i> (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)

Intrinsische Motivation (4 Items mit Cronbachs $\alpha=0.45$ N=13)				
MMItr1	<i>Wenn ich nach interessanten Themen für den Unterricht suche und neue Unterrichtsmethoden ausprobiere, dann tue ich das, weil ich gern neue Dinge kreierte.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)	
MMItr2	<i>Wenn ich mich bemühe ein besserer Lehrer zu werden, dann tue ich das, weil es mir Spaß macht, individuelle Lösungen für die verschiedenen Probleme der Schüler zu finden.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)	
MMItr3	<i>Wenn ich mich bemühe ein besserer Lehrer zu werden, dann tue ich das, weil ich es mag, Verbindungen zu Leuten herzustellen.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)	
MMItr4	<i>Wenn ich mit Schülern Einzelgespräche führe, dann tue ich das, weil es mir Spaß macht, mit Kindern und Jugendlichen verschiedene Dinge zu machen.</i>	5-stufig Likert	Aus ROT07 (übersetzt)	

FACH-ENTHUSIASMUS				
gegenüber Naturwissenschaften (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.79$ N=13)				
MEN1	<i>Ich liebe es, in der Zeitung etwas über naturwissenschaftliche Themen zu lesen.</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>	5-stufig Likert	Aus RIE09 (geändert)	
MEN2	<i>Eine Karriere im Fach einer Naturwissenschaft wäre eher trist und langweilig gewesen. *</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09 (geändert)	
MEN3	<i>Ich rede in der Freizeit nicht über übernaturwissenschaftliche Themen. *</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09 (geändert)	
MEN4	<i>In naturwissenschaftliche Großprojekte investiertes Geld könnte sinnvoller angelegt worden.</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>	5-stufig Likert	Aus RIE09 (geändert)	
MEN5	<i>In meiner Freizeit denke ich häufig über naturwissenschaftliche Phänomene nach.</i>	5-stufig Likert	Neu	
gegenüber Experimentieren (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.70$ N=13)				
MEE1	<i>Mir ist es bedeutend lieber, Erkenntnisse durch eigenes Experimentieren zu gewinnen, als sie nur erzählt zu bekommen.</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09	
MEE2	<i>Es widerstrebt mir manchmal, Experimente zur Überprüfung bereits seit langem bekannter Gesetzmäßigkeiten durchzuführen. *</i>	5-stufig Likert	Aus RIE09	
MEE3	<i>Ich würde gern Teil einer wissenschaftlichen Ausrüstung (z.B. ein Teleskop) geschenkt bekommen, um selbst experimentieren und beobachten zu können.</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>	5-stufig Likert	Aus RIE09	
MEE4	<i>Experimentieren war für mich die interessanteste Tätigkeit in der Schule.</i> <small>(entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>	5-stufig Likert	Aus RIE09	
MEE5	<i>Wenn ich experimentiere, merke ich oft gar nicht, wie die Zeit verfliegt.</i>	5-stufig Likert	Neu	

7 Items der Skalen zu selbstregulativen Fähigkeiten

HERKUNFT				
Kürzel	Quelle / Bedeutung			
SCH99	Schwarzer, R. (1999). Selbstregulation (REG). In M. Jerusalem & R. Schwarzer (Hrsg.), Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Berlin.			
SCS99	Schwarzer, R., & Schmitz, G. (1999). Skalen zur Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartung (WIRKLEHR) und zur Proaktiven Einstellung (PRO). In M. Jerusalem & R. Schwarzer (Eds.), Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen.			
SELBSTREGULATION				
Zielstrebigkeit (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.75$ N=13)				
	RZ1	<i>Ich kann mich lange Zeit auf eine Sache konzentrieren, wenn es nötig ist.</i>	5-stufig Likert	Aus SCH99
	RZ2	<i>Wenn ich von einer Sache abgelenkt werde, komme ich schnell wieder zum Thema zurück.</i>	5-stufig Likert	Aus SCH99
	RZ3	<i>Nach einer Unterbrechung finde ich problemlos zu einer konzentrierten Arbeitsweise zurück.</i>	5-stufig Likert	Aus SCH99
	RZ4	<i>Ich behalte mein Ziel im Auge und lasse mich nicht vom Weg abbringen. (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus SCH99
	RZ5	<i>Ich kann es verhindern, dass meine Gedanken ständig von der Aufgabe abschweifen. (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus SCH99 (angepasst)
Distanzierungsfähigkeit (3 Items mit Cronbachs $\alpha=0.80$ N=13)				
	RD1	<i>Wenn ich bei einer Tätigkeit zu aufgeregt werde, kann ich mich so beruhigen, dass ich bald wieder weitermachen kann. (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus SCH99 (angepasst)
	RD2	<i>Wenn bei einer Tätigkeit eine sachliche Haltung nötig ist, kann ich meine Gefühle unter Kontrolle bringen. (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus SCH99
	RD3	<i>Wenn störende Gedanken auftreten, kann ich sie nur schwer von mir weg schieben. *</i>	5-stufig Likert	Aus SCH99
	RD4	<i>Wenn ich Sorgen habe, kann ich mich nicht auf eine Tätigkeit konzentrieren. *</i>	5-stufig Likert	Aus SCH99
	RD5	<i>Alle möglichen Gedanken oder Gefühle lassen mir einfach keine Ruhe zum Arbeiten. *</i>	5-stufig Likert	Aus SCH99
PROAKTIVE EINSTELLUNG (4 Items mit Cronbachs $\alpha=0.75$ N=13)				
	RP1	<i>Ich nehme mir Zeit, um über langfristige Ziele für mich selbst nachzudenken.</i>	5-stufig Likert	Aus SCS99
	RP2	<i>Ich habe oft das Gefühl, programmiert zu werden, anstatt selbst der Programmierer zu sein. *</i>	5-stufig Likert	Aus SCS99
	RP3	<i>Mein Leben wird vor allem durch Sachzwänge bestimmt. * (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus SCS99
	RP4	<i>Ich gehe konstruktiv an meine Probleme heran, auch wenn sie von anderen Menschen oder äußeren Umständen erzeugt worden sind. (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus SCS99
	RP5	<i>Ich fühle mich von anderen Leuten bevormundet. *</i>	5-stufig Likert	Aus SCS99
	RP6	<i>Die Schätze der Welt warten nur darauf, dass man sie findet und ausgräbt. (entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus SCS99 (angepasst)
	RP7	<i>Ich habe die Freiheit, meine Lebensentscheidungen selbst zu treffen.</i>	5-stufig Likert	Aus SCS99

8 Items zur Erfassung demografischer Daten

1. Fragen zu ihrer Person / Erkennungscode	
1.1 Vor- und Nachname:	_____
1.2 Alter	_____ Jahre
1.3 Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich

2. Schulzeit	
2.1 Welche Ausbildung(en) haben Sie abgeschlossen?	
<input type="checkbox"/> Kein Schulabschluss	
<input type="checkbox"/> Hauptschulabschluss,	Note: _____
<input type="checkbox"/> Realschulabschluss,	Note: _____
<input type="checkbox"/> Abitur / Fachabitur,	Note: _____
<input type="checkbox"/> Berufsausbildung im Beruf:	_____ Lehrjahr: _____ von _____
2.2 Meine letzte Schul-Physiknote: _____ (alternativ: _____ <u>Notenpunkte</u>)	
2.3 (Nur bei Abitur) In der Oberstufe habe ich Physik ...	
<input type="checkbox"/> ... vor dem Abitur ausgewählt.	
<input type="checkbox"/> ... als Grundkurs bis zum Abitur absolviert.	
<input type="checkbox"/> ... als 3. Oder 4. Prüfungsfach absolviert.	
<input type="checkbox"/> ... als Leistungskurs absolviert.	

3. Studium / Beruf	
3.1 Welchen Abschluss streben Sie an? <i>Haupt und Nebenfächer bitte mit angeben.</i>	
<input type="checkbox"/> Keinen, da Studium bzw. Beruf schon abgeschlossen (↗ nächste Frage)	
<input type="checkbox"/> Studium:	_____
<input type="checkbox"/> Berufsabschluss:	_____
<input type="checkbox"/> Promotion im Fach:	_____
<input type="checkbox"/> Sonstiges:	_____
3.2 Fachsemester im aktuellen Studiengang: _____	

3.2 Welchen Abschluss besitzen Sie schon? *Haupt und Nebenfächer bitte mit angeben.*

- Studium: _____
- Berufsabschluss: _____
- Promotion im Fach: _____
- Sonstiges: _____

4. Lehrerfahrungen

4.1 In welchem Umfang haben Sie bisher Schulpraktika belegt? _____ Wochen

4.2 Lehrerfahrung an der Universität als (*Mehrfachnennungen möglich*):

- Tutor für: _____
- Übungsleiter für: _____
- Betreuer für Praktika im Fach: _____
- Sonstiges: _____
- Bisher keine Erfahrungen in der Lehre.

5. Erfahrungen im Schülerlabor DeltaX

5.1 Wann haben Sie das erste Mal Schülergruppen im Schülerlabor betreut (Monat / Jahr)?

_____ / _____
 Monat Jahr

5.2 Schätzen Sie bitte ab, wie oft Sie welche Experimentiertage betreut haben:

- | | | | | |
|---------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| a) Radioaktivität: | <input type="checkbox"/> gar nicht | <input type="checkbox"/> 1 – 3x | <input type="checkbox"/> 3 – 10x | <input type="checkbox"/> mehr als 10x |
| b) Licht und Farbe: | <input type="checkbox"/> gar nicht | <input type="checkbox"/> 1 – 3x | <input type="checkbox"/> 3 – 10x | <input type="checkbox"/> mehr als 10x |
| c) Magnetismus: | <input type="checkbox"/> gar nicht | <input type="checkbox"/> 1 – 3x | <input type="checkbox"/> 3 – 10x | <input type="checkbox"/> mehr als 10x |
| d) Ferienangebote: | <input type="checkbox"/> gar nicht | <input type="checkbox"/> 1 – 3x | <input type="checkbox"/> 3 – 10x | <input type="checkbox"/> mehr als 10x |

6. Erfahrungen mit Kindern und Jugendlichen	
6.1 Im Laufe meines Lebens habe ich schon Erfahrungen im Umgang mit Kindern und Jugendlichen gemacht (<i>Mehrfachnennungen möglich</i>):	
<input type="checkbox"/> Schülerlabor	
<input type="checkbox"/> Zivildienst / Freiwilliges soziales Jahr	
<input type="checkbox"/> eigene Kinder / Kinder von Bekannten	<input type="checkbox"/> 1-2x häufiger <input type="checkbox"/> 1x/Jahr <input type="checkbox"/> 1x/Monat <input type="checkbox"/> 1x/Woche und häufiger
<input type="checkbox"/> Jugendleiter (Gruppen, Ferienfreizeiten,...)	<input type="checkbox"/> 1-2x <input type="checkbox"/> 1x/Jahr <input type="checkbox"/> 1x/Monat <input type="checkbox"/> 1x/Woche und häufiger
<input type="checkbox"/> Nebenjobs im Kinder- und Jugendbereich	<input type="checkbox"/> 1-2x <input type="checkbox"/> 1x/Jahr <input type="checkbox"/> 1x/Monat <input type="checkbox"/> 1x/Woche und häufiger
<input type="checkbox"/> Hausaufgabenhilfe / Nachhilfe	<input type="checkbox"/> 1-2x <input type="checkbox"/> 1x/Jahr <input type="checkbox"/> 1x/Monat <input type="checkbox"/> 1x/Woche und häufiger
<input type="checkbox"/> Trainer im Jugendsport	<input type="checkbox"/> 1-2x <input type="checkbox"/> 1x/Jahr <input type="checkbox"/> 1x/Monat <input type="checkbox"/> 1x/Woche und häufiger
<input type="checkbox"/> Aushilfslehrer / Vertretungslehrer	<input type="checkbox"/> 1-2x <input type="checkbox"/> 1x/Jahr <input type="checkbox"/> 1x/Monat <input type="checkbox"/> 1x/Woche und häufiger
<input type="checkbox"/> Sonstiges: _____	<input type="checkbox"/> 1-2x <input type="checkbox"/> 1x/Jahr <input type="checkbox"/> 1x/Monat <input type="checkbox"/> 1x/Woche und häufiger
<input type="checkbox"/> Bisher keine Erfahrungen mit Kindern und Jugendlichen.	



Fragebogen für Betreuende des Experimentiertags Radioaktivität und Strahlung (unabhängig vom Experimentiertag)

Fragebogen

Liebe Betreuerinnen und Betreuer,

mit dem Ausfüllen dieses Fragebogens unterstützen Sie die **Qualitätssicherung und Weiterentwicklung** von außerschulischen Bildungseinrichtungen, wie dem Schülerlabor DeltaX. Wir möchten etwas über ihre Einstellungen, Überzeugungen und Fähigkeiten erfahren.

Es handelt sich dabei **nicht** um eine Tauglichkeitsprüfung und Ihre Antworten bleiben **anonym**.

Der vorliegende **Fragebogen** ist Teil eines Ensembles bestehend aus insgesamt 4 Heften (Tests bzw. Fragebögen). Bestandteile dieses Fragebogens sind in der folgenden Tabelle **fett gedruckt** dargestellt:

Fragebogen	Testhefte
Teil 1 (Fragebogen): Demografische Daten	Teil 3 (Test): Fachwissen (Radioaktivität und Strahlung)
Teil 2 (Fragebogen): Aspekte professioneller Kompetenz	Teil 4 (Test): Fachdidaktisches Wissen (Radioaktivität und Strahlung) Teil 5 (Test): Pädagogisches Wissen

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

Florian Simon

Teil 1: Demografische Daten

1. Fragen zur Person / Erkennungscode	
1.1 Vor- und Nachname:	_____
1.2 Alter	_____ Jahre
1.3 Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich

2. Schulzeit	
2.1 Welche Ausbildung(en) haben Sie abgeschlossen?	
<input type="checkbox"/> Kein Schulabschluss	
<input type="checkbox"/> Hauptschulabschluss,	Note: _____
<input type="checkbox"/> Realschulabschluss,	Note: _____
<input type="checkbox"/> Abitur / Fachabitur,	Note: _____
<input type="checkbox"/> Berufsausbildung im Beruf:	_____ Lehrjahr: _____ von _____
2.2 Meine letzte Schul-Physiknote: _____ (alternativ: _____ <u>Notenpunkte</u>)	
2.3 (Nur bei Abitur) In der Oberstufe habe ich Physik ...	
<input type="checkbox"/> ... vor dem Abitur ausgewählt.	
<input type="checkbox"/> ... als Grundkurs bis zum Abitur absolviert.	
<input type="checkbox"/> ... als Leistungskurs absolviert.	

3. Studium / Beruf	
3.1 Welchen Abschluss streben Sie an? <i>Haupt und Nebenfächer bitte mit angeben.</i>	
<input type="checkbox"/> Keinen, da Studium bzw. Beruf schon abgeschlossen (↗ Frage 3.3)	
<input type="checkbox"/> Studium:	_____
<input type="checkbox"/> Berufsabschluss:	_____
<input type="checkbox"/> Promotion im Fach:	_____
<input type="checkbox"/> Sonstiges:	_____



Professionswissenstest für Betreuende des Experimentiertags Radioaktivität und Strahlung

(unabhängig vom Experimentiertag)

Testheft A

Liebe Betreuerinnen und Betreuer,

mit dem Ausfüllen dieses Testheftes unterstützen Sie die **Qualitätssicherung und Weiterentwicklung** von außerschulischen Bildungseinrichtungen, wie dem Schülerlabor DeltaX. Wir möchten etwas über ihre Einstellungen, Überzeugungen und Fähigkeiten erfahren.

Es handelt sich dabei **nicht** um eine Tauglichkeitsprüfung und Ihre Antworten bleiben **anonym**.

Das vorliegende **Testheft A** ist Teil eines Ensembles bestehend aus insgesamt 4 Heften (Tests bzw. Fragebögen). Bestandteile dieses Hefts sind in der folgenden Tabelle **fett gedruckt** dargestellt:

Testheft A	Testheft B	Testheft C
Teil 3 (Test): Fachwissen (Radioaktivität und Strahlung)	Teil 4 (Test): Fachdidaktisches Wissen (Radioaktivität und Strahlung)	Teil 5 (Test): Pädagogisches Wissen

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

Florian Simon

Aufgabe 1/12

Bei radioaktiven Zerfallsprozessen wandeln sich instabile Kerne um und senden dabei ionisierende Strahlung aus. Mittels *Reaktionsgleichungen* können die verschiedenen Zerfallsprozesse übersichtlich dargestellt werden.

Beispiel: A_ZX bezeichnet ein Nuklid. Zerfall unter Aussendung von α -Strahlung: ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$

- a) Komplettieren Sie die die Reaktionsgleichungen (Neutrinos können vernachlässigt werden):

γ -Strahlung: A_ZX _____

β^+ -Strahlung: A_ZX _____

Elektronen-Einfang: A_ZX _____

- b) **Single Choice:** Welche Strahlung beobachtet man bei einem rein isomeren Übergang?

- | | | | |
|--------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> | α -Strahlung | <input type="checkbox"/> | keine Strahlung |
| <input type="checkbox"/> | β -Strahlung | <input type="checkbox"/> | Spontanspaltung |
| <input type="checkbox"/> | γ -Strahlung | <input type="checkbox"/> | Clusteremission |



Professionswissenstest für Betreuende des Experimentiertags Radioaktivität und Strahlung

(unabhängig vom Experimentiertag)

Testheft B

Liebe Betreuerinnen und Betreuer,

mit dem Ausfüllen dieses Testheftes unterstützen Sie die **Qualitätssicherung und Weiterentwicklung** von außerschulischen Bildungseinrichtungen, wie dem Schülerlabor DeltaX. Wir möchten etwas über ihre Einstellungen, Überzeugungen und Fähigkeiten erfahren.

Es handelt sich dabei **nicht** um eine Tauglichkeitsprüfung und Ihre Antworten bleiben **anonym**.

Das vorliegende **Testheft B** ist Teil eines Ensembles bestehend aus insgesamt 4 Heften (Tests bzw. Fragebögen). Bestandteile dieses Hefts sind in der folgenden Tabelle **fett gedruckt** dargestellt:

Testheft A	Testheft B	Testheft C
Teil 3 (Test): Fachwissen (Radioaktivität und Strahlung)	Teil 4 (Test): Fachdidaktisches Wissen (Radioaktivität und Strahlung)	Teil 5 (Test): Pädagogisches Wissen

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

Florian Simon

Aufgabe 1^{1/17}

Das *Experiment* spielt im Physikunterricht eine zentrale Rolle.

Nennen Sie bitte zwei verschiedene Ziele bzw. Funktionen des Experiments im Physikunterricht!

1. _____

2. _____

Aufgabe 2^{1/17}

Unterstreichen Sie alle Aussagen in der folgenden Schüleräußerung, die aufgrund von falschen Konzepten zum Strahlungsbegriff zustande gekommen sind und begründen Sie jeweils Ihre Wahl:

Radioaktive Strahlung ist immer eine Teilchenstrahlung. [...] Umso energiereicher die radioaktive Strahlung ist, umso gefährlicher ist sie auch für uns, da mehr Energie von unserem Körper absorbiert wird. Neben der Energie spielt auch die Strahlenart an sich eine Rolle. So ist ein inkorporierter α -Strahler gefährlicher als ein β -Strahler, der wiederum gefährlicher als ein γ -Strahler ist.

Begründung: _____



Professionswissenstest für Betreuende des Experimentiertags Radioaktivität und Strahlung

(unabhängig vom Experimentiertag)

Testheft C

Liebe Betreuerinnen und Betreuer,

mit dem Ausfüllen dieses Testheftes unterstützen Sie die **Qualitätssicherung und Weiterentwicklung** von außerschulischen Bildungseinrichtungen, wie dem Schülerlabor DeltaX. Wir möchten etwas über ihre Einstellungen, Überzeugungen und Fähigkeiten erfahren.

Es handelt sich dabei **nicht** um eine Tauglichkeitsprüfung und Ihre Antworten bleiben **anonym**.

Das vorliegende **Testheft C** ist Teil eines Ensembles bestehend aus insgesamt 4 Heften (Tests bzw. Fragebögen). Bestandteile dieses Hefts sind in der folgenden Tabelle **fett gedruckt** dargestellt:

Testheft A	Testheft B	Testheft C
Teil 3 (Test): Fachwissen (Radioaktivität und Strahlung)	Teil 4 (Test): Fachdidaktisches Wissen (Radioaktivität und Strahlung)	Teil 5 (Test): Pädagogisches Wissen

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

Florian Simon

Test: Pädagogisches Gesprächswissen

Erläuterung:

Im Folgenden soll anhand der **22** aufgeführten Situationen und Reaktionsmöglichkeiten ermittelt werden, inwieweit Ihre Kompetenz für eine pädagogisch sinnvolle Gesprächsführung ausgebildet ist. Die Auswahl einer Möglichkeit sollte möglichst spontan und intuitiv erfolgen, damit sich die Testsituation einem tatsächlich geführten Gespräch nähert. Dennoch sollten Sie sich so viel Zeit lassen, dass Ihre Auswahl mit Bedacht getroffen wurde!

Hinweis: Auf *kursiv gedruckten Wörtern* liegt eine Betonung.

Anleitung:

Kreuzen Sie bitte die Möglichkeit an, die nach Ihrem Empfinden bzw. Wissen *die pädagogisch beste Lösung* darstellt, um ein Gespräch zu führen! **Pro Aufgabe darf nur ein Kreuz vergeben werden.**

Situation 1

Eine Schülerin sagt beunruhigt am Ende der letzten Unterrichtsstunde vor einem Test zu Ihnen: Ich habe momentan so viel zu tun und irgendwie ist das alles zu viel.

- Das ist doch alles halb so wild.
- Was hast Du denn so zu tun?
- Du machst Dir Sorgen, ob Du den Test bestehst, weil Du so viel zu tun hast.
- Keine Sorge, du schaffst das schon. Da bin ich mir sicher.
- Möchtest Du, dass ich den Test einfacher mache?

Situation 2

Ein Arbeitskollege sagt Ihnen im Verlaufe eines fortgeschrittenen Dialogs: Mir ging es in den letzten Tagen nicht gut. Ich fühle mich irgendwie elend.

- Wieso fühlen Sie sich elend?
- Hmm, elend... Was genau meinen Sie damit?
- Kann ich Ihnen irgendwie helfen?
- Was haben Sie die letzten Tage gemacht?
- So wie ich Sie kenne, wird das schon wieder.

ERHEBUNGSINSTRUMENTE: T₁ & T₂

B1 DOKUMENTATION DER ITEMS (FRAGEBOGEN FÜR LERNENDE)

1 Einsatz der Items in den Fragebögen

KONSTRUKTE & FACETTEN			ITEMS IN FRAGEBOGEN				
			PRE	in Pilotierung	POST	in Pilotierung	
Qualität des Betreuung	Kognitive Aktivierung				6	10	
	Konstruktive Unterstützung				4	8	
	Lernförderliches Klima				3	6	
	Klarheit				4	8	
	Kommunikationsengagement	allgemein					6
		bezogen auf Berufsfelder und Naturwissenschaften					5
	Kommunikation				4	6	
	Wahrnehmung des Betreuenden	Betreuer-Schüler-Beziehung				6	10
		wahrgenommene Eigenschaften				4	4
wahrgenommene Domäne						3	
Zielvariablen des Schülerlabors	Basic Needs	Autonomieerleben			4	6	
		Kompetenzerleben			4	7	
		Soziale Eingebundenheit			4	9	
	Dispositionales Interesse	Sachinteresse Naturwissenschaften	4	6	4	6	
		Sachinteresse Physik	4	5	4	5	
		Fachinteresse Physik	4	5	4	5	
	Aktuelles Interesse	Emotionale Komponente				3	5
		Wertebezogene Komponente				3	4
		Epistemische Komponente				4	4
	Image	Unterrichtsfach Physik	4	7	4	7	
Wissenschaft Physik		4	7	4	7		
Selbstwirksamkeitserwartung	Selbstwirksamkeitserwartung Physik	4	7	4	7		

		Selbstwirksamkeitserwartung Experimentieren	4	6	4	6	
		Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen	8	13	8	13	
	Berufsorientierung		Einstellung zum naturwiss. Arbeitsplatz	3	5	3	5
			Favorisierte Berufsfelder	8	8	8	8
	Bilanz		Erwartungen / Spaß	3	4	3	3
			wahrgen. Lernzuwachs			4	4
			wahrgen. Bedeutung für den Alltag			3	4
			Einblick in die Forschung			3	4
	Schülermerkmale und sonstige Skalen	Rahmenmerkmale	Alter und Geschlecht / Klassenstufe und Schulart	6	5		
		Leistung und Leistungsbereitschaft	Noten in Physik	2	2		
Leistungsbereitschaft			1	1	1	1	
Interessentyp (Typisierung)		Favorisierte Berufsfelder	X	X	X	X	
		Lieblingsfächer	8	8			
Beliefs zu Radioaktivität & Strahlung		Argumentationsfähigkeit	3		3		
		Fehlvorstellungen	5		5		
		Interesse an Radioaktivität	4		4		
		Angst vor Strahlung	3		3		
		Irrationale Angst / Abneigung gegenüber Radioaktivität	3		3		

Die in den beiden Fragebögen eingesetzten Items entstammen dem im Folgenden dokumentierten **Itempool**.

2 Itempool

2.1 Übersicht

KONSTRUKTE & FACETTEN		ITEMS	QUELLE
Qualität der Betreuung			
Kognitive Aktivierung		10	Helmke et al. (2016); Lenske (2016); Seidel et al. (2004); 1 eigenes Item
Konstruktive Unterstützung		8	Helmke et al. (2016), Seidel et al. (2004)
Lernförderliches Klima		6	Helmke et al. (2015; 2016), Lenske (2016)
Klarheit		8	Helmke et al. (2007), Seidel et al. (2004), 2 eigene Items
Komm.-Engagement	Allgemein	6	Seidel et al. (2004), Helmke et al. (2007), 2 eigene Items
	bezogen auf Berufsfelder und Naturwissenschaften	5	Leist et al. (2010); 4 eigene Items
Kommunikation		6	Weßnigk (2013), Helmke et al. (2016), 4 eigene Items
Wahrnehmung des Betreuers	Betreuer-Schüler-Beziehung	10	Lehrer-Schüler-Beziehung des DFG-Projekts Qualität von Schule und Unterricht (Ditton 2001) und von Thies (2002); modifiziert und zusammengestellt von Kemna (2012)
	wahrgenommene Eigenschaften	4	eigene Items, orientiert am Inventar sozialer Kompetenzen nach Kanning (2009)
Zielvariablen des Schülerlabors			
Basic Needs	Autonomieerleben	6	Basic Psychological Needs Scales von Orion et al. (1997), übersetzt von Weßnigk (2013); teilweise modifiziert
	Kompetenzerleben	7	
	Soziale Eingebundenheit	9	
Dispositionales Interesse	Sachinteresse Naturwissenschaften	7	Pawek (2009), nach Engeln (2004)
	Sachinteresse Physik	6	Glowinski (2007), modifiziert von Weßnigk (2013)
	Fachinteresse Physik	4	Engeln (2004), piko-Studien, modifiziert von Weßnigk (2013), ein eigenes Item
Aktuelles Interesse	Emotionale Komponente	5	Pawek (2009) nach Engeln (2004), modifiziert von Streller (2015)
	Wertebezogene Komponente	4	Pawek (2009) nach Engeln (2004), modifiziert von Streller (2015)
	Epistemische Komponente	4	Pawek (2009) nach Engeln (2004), modifiziert von Streller (2015)
Image	Unterrichtsfach Physik	7	Stahl und Bromme (2007), modifiziert von Weßnigk (2013)
	Wissenschaft Physik	7	Stahl und Bromme (2007), modifiziert von Weßnigk (2013)

Selbstwirksamkeitserwartung	Fähigkeitsselbstkonzept Physik	9	Hoffmann et al. (1998), modifiziert von Weißnigk (2013) [Aufgrund besserer Reliabilität werden die Items von Weißnigk 2013 ($\alpha=0,92/0,92/0,93$), nicht Streller (2015) oder Pawek 2009 ($\alpha=0,86/0,87/0,88$) verwendet]
	Selbstwirksamkeitserwartung Physik	7	Jerusalem und Satow (1999), geändert
	Selbstwirksamkeitserwartung Experimentieren	6	Eigene Items, orientiert an Jerusalem & Satow (1999)
	Natwiss. Arbeitsweisen	13	Weißnigk (2013), gekürzt von 21 Items
Berufsorientierung	Einstellung zum natw. Arbeitsplatz	5	Weißnigk (2013)
	Favorisierte Berufsfelder	8	Streller (2015), übersetzt
Bilanz	Erwartungen / Spaß	4	Neu (3), Weißnigk (2013) (1)
	wahrgenommener Lernzuwachs	4	Weißnigk (2013)
	Wahrgen. Bedeutung für den Alltag	4	Pawek (2009), nach Engeln (2004) [Skalename bei Pawek: Alltagsbezug]
	Einblick in die Forschung	4	Pawek (2009), nach Engeln (2004) [Skalename bei Pawek: Authentizität]
Schülermerkmale und sonstige Skalen			
Rahmenmerkmale	Alter und Geschlecht / Klassenstufe und Schulart	5	---
Leistung und Leistungsbereitschaft	Noten in Physik	2	eigene Items
	Leistungsbereitschaft	1	eigene Items
Interessentyp (Typisierung)	Favorisierte Berufsfelder	8	Streller (2015), übersetzt [Skalename bei Streller: fields of interest] (selbe Skala wie bei Zielvariablen des Schülerlabors; liefert Typisierung (T1) und Interessenverschiebung bei Berufswünschen (T2))
	Lieblingsfächer	8	Streller (2015), übersetzt
Beliefs zu Radioaktivität & Strahlung	Medienvertrauen und Argumentationsfähigkeit	3	eigene Items
	Fehlvorstellungen	5	
	Interesse an Radioaktivität	4	
	Angst vor Strahlung	3	
	Irrationale Angst / Abneigung gegenüber Radioaktivität	3	

2.2 Dokumentation der Items

KONSTRUKT				
Unterkonstrukt / Facette				
#	Kürzel	Item	Ausprägung	Herkunft
HERKUNFT & EDITIERUNG				
Kürzel	Quelle			
WEß13	Weßnig, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an Industrienahen außerschulischen Lernorten. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.			
PAW09	Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe (Dissertation).			
STR15	Streller, M. (2015). The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories. TU Dresden.			
JER99	Jerusalem, M., & Satow, L. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung (WIRKSCHUL). In M. Jerusalem & R. Schwarzer (Eds.), Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen (korrigiert). Berlin.			
LEN16	Lenske, G. (2016). Schülerfeedback in der Grundschule / Untersuchung zur Validität. Dissertation. Waxmann Verlag GmbH. http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004			
KEM12	Kemna, P. W. (2012). Messung pädagogischer Basiskompetenzen von Lehrerinnen und Lehrern. Münster: Waxmann Verlag.			
IPN04	Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M. (2004). Technischer Bericht zur Videostudie Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht. IPN-Materialien. Kiel.			
EMUv6.0	Helmke, A., Helmke, T., Lenske, G., Pham, G., Praetorius, A., Schrader, F., & Ade-Thurow, M. (2016). Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik und-entwicklung, (6.0). Abgerufen von http://unterrichtsdiagnostik.org			
DESI07	Helmke, A., Helmke, T., Schrader, F.-W., & Wagner, W. (2007). Der Ratingbogen der DESI-Videostudie. Universität Koblenz-Landau, Campus Landau.			
angepasst	Wortlaut von Formulierung und Beschreibung wurden an Kontext Schülerlabor angepasst			
geändert	In Formulierung und Beschreibung geändertes Item			
Neu	Neu entwickeltes Item			
*	Negativ formuliertes Item (bei Skalenwertberechnung invers kodiert)			

KOGNITIVE AKTIVIERUNG				
6 Items mit Cronbachs α : T2=0.73 (Pilotierung N=74), T2=0.75 (Hauptstudie N=1490)				
	Aktiv1	<i>Ich war heute überfordert. *</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Neu
	Aktiv2	<i>Es gab Fragen oder Aufgaben, bei denen ich richtig nachdenken musste.</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus LEN16
1	Aktiv3	<i>Ich habe immer konzentriert experimentiert und gearbeitet.</i> <i>(nach Pilotierung aufgrund Deckeneffekten im Wortlaut geändert)</i>	5-stufig Likert	Aus LEN16 (geändert)
2	Aktiv4	<i>Ich habe alle Experimente erfolgreich durchgeführt.</i>	5-stufig Likert	Aus LEN16 (angepasst)
	Aktiv5	<i>Ich habe mir selbst überlegt, wie ich die Aufgaben bearbeite.</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an IPN04
3	Aktiv6	<i>Ich habe mich heute mit eigenen Beiträgen am Gruppengespräch beteiligt.</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
4	Aktiv7	<i>Ich habe anderen etwas erklärt und Rückmeldungen gegeben.</i> <i>(nach Pilotierung aufgrund Deckeneffekten im Wortlaut geändert)</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
5	Aktiv8	<i>Es gab Aufgaben, die etwas mit meinen Interessen oder meinen Erfahrungen im Alltag zu tun haben.</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
6	Aktiv9	<i>Ich war den ganzen Experimentiertag über aktiv bei der Sache.</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
	Aktiv10	<i>Ich war heute unterfordert. *</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Neu

KONSTRUKTIVE UNTERSTÜTZUNG				
4 Items mit Cronbachs α : T2=0.80 (Pilotierung N=74), T2=0.71 (Hauptstudie N=1490)				
7	Unt1	<i>Fehler wurden von dem Betreuer nicht kritisiert, sondern als Lerngelegenheit betrachtet.</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
8	Unt2	<i>Die Hinweise und Rückmeldungen des Betreuers waren immer hilfreich.</i> <i>(nach Pilotierung aufgrund Deckeneffekten im Wortlaut geändert)</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
	Unt3	<i>Wenn der Betreuer eine Frage gestellt hat, hatte ich ausreichend Zeit zum Überlegen.</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
9	Unt4	<i>Der Betreuer ist auf alle meine Fragen und Probleme eingegangen und hat mir sehr weitergeholfen.</i>	5-stufig Likert	Aus IPN04 (angepasst)
10	Unt5	<i>Der Betreuer hat viele besonders hilfreiche Denkanstöße gegeben.</i> <i>(nach Pilotierung aufgrund Deckeneffekten im Wortlaut geändert)</i>	5-stufig Likert	Aus IPN (angepasst)
	Unt6	<i>Wir haben gemeinsam mit dem Betreuer unseren Lösungsansatz entwickelt.</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus IPN04 (angepasst)
	Unt7	<i>Der Betreuer stand jederzeit für Fragen zur Verfügung.</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl & Verbesserung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus IPN04 (angepasst)
	Unt8	<i>Mir haben die Arbeitshinweise des Betreuers nicht sehr geholfen. *</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus IPN04 (angepasst)

LERNFÖRDERLICHES KLIMA				
3 Items mit Cronbachs α : T2=0.82 (Pilotierung N=74), T2=0.70 (Hauptstudie N=1490)				
	Klima1	<i>Ich konnte ungestört arbeiten.</i> (nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0
11	Klima2	<i>Der Betreuer hat mich ausreden lassen, wenn ich dran war.</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
12	Klima3	<i>Der Betreuer war äußerst freundlich zu mir.</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
	Klima4	<i>Ich empfinde den Betreuer sehr humorvoll.</i> (nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Aus EMUv5.1 (angepasst)
13	Klima5	<i>In unserer Gruppe waren wir die ganze Zeit freundlich und rücksichtsvoll zueinander.</i>	5-stufig Likert	Aus LEN16
	Klima6	<i>Der Betreuer hat alles mitbekommen, was in unserer Gruppe passiert ist.</i> (nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)

KLARHEIT				
4 Items mit Cronbachs α : T2=0.71 (Pilotierung N=74), T2=0.78 (Hauptstudie N=1490)				
14	Klar1	<i>Mir war jederzeit klar, was ich tun sollte.</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0
15	Klar2	<i>Die Arbeitsaufträge und Erklärungen wurden so formuliert, dass ich alles verstanden habe.</i>	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
	Klar3	<i>Der Betreuer hat klar und deutlich gesprochen.</i> (nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
16	Klar4	<i>Mir war heute den ganzen Experimentiertag klar, welchen Sinn die Experimente hatten.</i>	5-stufig Likert	Neu
	Klar5	<i>Die wichtigsten Punkte wurden zusammengefasst.</i> (nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0
	Klar6	<i>Es gab heute viele anschauliche Beispiele.</i> (nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl & nur sehr geringe Änderung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0
17	Klar7	<i>Ich habe alles verstanden, was wir heute gemacht haben.</i> (nach Pilotierung aufgrund Deckeneffekten im Wortlaut geändert)	5-stufig Likert	Aus IPN04 (angepasst)
	Klar8	<i>Ich musste häufig nachfragen. *</i> (nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Neu

KOMMUNIKATIONSENGAGEMENT				
Beide Skalen zeigten unakzeptabel niedrige Reliabilitäten (KoEn1-KoEn6: $\alpha=0.18$ bzw. KoEn7-KoEn11: $\alpha=0.54$). Auch durch explorative Faktorenanalyse konnten keine Items einer oder mehreren zugrundeliegenden Dimensionen zufriedenstellend zugeordnet werden. Aus dem Grund wird auf die Erhebung des Konstrukts Kommunikations-Engagement verzichtet – alle Items werden verworfen.				
Allgemein				
	KoEn1	<i>Ich bzw. mein Partner wurden heute von unserem Betreuer aufgefordert, unsere Ergebnisse zu präsentieren.</i>	5-stufig Likert	Aus IPN04 (angepasst)
	KoEn2	<i>Der Betreuer hat mich häufig ins Gruppengespräch integriert.</i>	5-stufig Likert	Aus DESI07 (geändert)
	KoEn3	<i>Der Betreuer hat viele offene Fragen gestellt.</i>	5-stufig Likert	Aus IPN04 (angepasst)
	KoEn4	<i>Der Betreuer hat sich nach unserem Vorwissen bzw. unseren Erfahrungen erkundigt und daran angeknüpft.</i>	5-stufig Likert	Aus IPN04 (angepasst)
	KoEn5	<i>Bei der Auswertung hat uns der Betreuer die richtigen Lösungen gegeben, ohne auf unsere Ergebnisse einzugehen. *</i>	5-stufig Likert	Neu
	KoEn6	<i>Wir haben heute mit dem Betreuer auch über Dinge gesprochen, die nichts mit Wissenschaft oder dem Schülerlabor zu tun hatten.</i>	5-stufig Likert	Neu
bezogen auf Berufsfelder und Naturwissenschaften				
	KoEn7	<i>Ich hatte den Eindruck, dass den Betreuer das Thema Radioaktivität nicht so sehr interessiert. *</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an DESI07
	KoEn8	<i>Der Betreuer hat Bezüge zu anderen Fächern hervorgehoben.</i>	5-stufig Likert	Aus LEI10 (angepasst)
	KoEn9	<i>Der Betreuer hat uns heute etwas für mich wirklich Interessantes über naturwissenschaftliche Methoden erzählt.</i>	5-stufig Likert	Neu
	KoEn10	<i>Der Betreuer hat uns heute etwas für mich wirklich Interessantes über naturwissenschaftliche Berufsbilder erzählt.</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an DESI07
	KoEn11	<i>Der Betreuer hat uns heute gezeigt, wieviel Physik im Alltag steckt.</i>	5-stufig Likert	Neu

KOMMUNIKATION				
4 Items mit Cronbachs α : T2=0.81 (Pilotierung N=74), T2=0.77 (Hauptstudie N=1490)				
18	Komm1	<i>Wir haben heute viel inhaltlich miteinander diskutiert.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
19	Komm2	<i>Die Diskussionen in unserem Team verliefen höchst effektiv. (nach Pilotierung aufgrund Deckeneffekten im Wortlaut geändert)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
20	Komm3	<i>Sämtliche Teammitglieder waren an den Diskussionen beteiligt.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
21	Komm4	<i>Inhaltliche Fragen wurden so lange diskutiert, bis wir zu einem Ergebnis kamen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	Komm5	<i>Während der Arbeitsphase haben wir mit dem Betreuer gesprochen. (nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an DESI07
	Komm6	<i>Während der Arbeitsphase habe ich oft mit meinem Partner gesprochen. (nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an DESI07
	Komm7	<i>Während der Arbeitsphase habe ich oft mit meinem Partner über Dinge gesprochen, die nichts mit dem Experimentiertag heute zu tun hatten. *</i> (nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Neu
	Komm8	<i>Ich habe heute oft allein gearbeitet. *</i> (nach Pilotierung entfernt – Explorative Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Neu

WAHRNEHMUNG DER SOZIALEN KOMPETENZEN DES BETREUERS				
Wahrgenommene Eigenschaften (soziale Kompetenzen)				
22	Wahrn1	<p><i>Eigenschaften des Betreuers: (die ausgegrauten Items wurden nach der Pilotierung entfernt, Items mit Decken- bzw. Bodeneffekten wurden im Wortlaut geändert)</i></p> <p>Soziale Orientierung: hilfsbereit verständnisvoll kompromissbereit guter Zuhörer tolerant</p> <p>Reflexibilität: überzeugend kritikfähig selbstkritisch aufmerksam langweilig</p> <p>Offensivität: durchsetzungsfähig konfliktbereit kontaktfreudig entscheidungsfreudig eintönig</p> <p>Sonstige Eigenschaften: attraktiv humorvoll autoritär cool schüchtern</p> <p>Selbststeuerung: sachlich ausgeglichen flexibel verantwortungsbewusst unterwürfig</p>	Wort-Cluster	Neu, orientiert an ISK nach Kanning (2009)
23	Wahrn2	<i>Welche weiteren Eigenschaften beschreiben den Betreuer? (Bleiben sie ehrlich und scheuen Sie sich nicht: der Fragebogen ist anonym!)</i>	nominal	Neu
24	Wahrn3	<i>Welche Eigenschaften sind Ihnen bei einem Betreuer ganz besonders wichtig?</i>	nominal	Neu
25	Wahrn4	<i>Welche Schulnote würden Sie Ihrem Betreuer für die Betreuung heute geben?</i>	Notenskala	Neu
Wahrgenommene Domäne				
nach Pilotierung entfernt – fragwürdige Auswertbarkeit				
	Dom1	<i>Der Betreuer kam mir wie ein <u>typischer Lehrer</u> vor, mit dem ich Experimente durchführte.</i>	5-stufig Likert	Neu
	Dom2	<i>Der Betreuer kam mir wie ein <u>Freund</u> vor, mit dem ich Experimente durchführte.</i>	5-stufig Likert	Neu
	Dom3	<i>Der Betreuer kam mir wie ein <u>echter Wissenschaftler</u> vor, mit dem ich Experimente durchführte.</i>	5-stufig Likert	Neu

Betreuer-Schüler-Beziehung				
Sympathiebezogene Faktoren der Respondenten 3 Items mit Cronbachs α : T2=0.84 (Pilotierung N=74), T2=0.83 (Hauptstudie N=1490)				
	LSB1Sym	Bei dieser Lehrkraft gehe ich gerne in den Unterricht. (einmaliger Schülerlaborbesuch)	5-stufig Likert	Aus KEM12
26	LSB2Sym	Ich mag diesen Betreuer sehr.	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
	LSB3Sym	Wenn diese Lehrkraft in den Klassenraum kommt, freue ich mich. (einmaliger Schülerlaborbesuch)	5-stufig Likert	Aus KEM12
27	LSB4Sym	Diesen Betreuer hätte ich auch gerne als Lehrer.	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
28	LSB5Sym	Diesen Betreuer möchte ich gerne auf Klassenfahrten als Betreuung haben.	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
	LSB6Sym	Mit diesem Betreuer habe ich gern geredet. (nach Pilotierung entfernt – confirmatorische Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
	LSB7Sym	Ich wäre froh, wenn ich einen anderen Betreuer gehabt hätte. * (nach Pilotierung entfernt – confirmatorische Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
	LSB8Sym	Mit dieser Lehrkraft kann man gut reden. (zu ähnlich zu LSB6Sym)	5-stufig Likert	Aus KEM12
	LSB9Sym	Diese Lehrkraft gehört zu den netten Lehrern. (einmaliger Schülerlaborbesuch – Schüler kennen andere Betreuer nicht)	5-stufig Likert	Aus KEM12
Handlungs- und Verhaltensbezogene Faktoren des Betreuenden 3 Items mit Cronbachs α : T2=0.86 (Pilotierung N=74), T2=0.84 (Hauptstudie N=1490)				
29	LS10HV	Der Betreuer hat mich ernst genommen.	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
	LS11HV	Dem Betreuer konnte ich auch persönliche Dinge anvertrauen. (einmaliger Schülerlaborbesuch)	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
	LS12HV	Diese Lehrkraft ist ehrlich zu mir. (einmaliger Schülerlaborbesuch – nicht einschätzbar)	5-stufig Likert	Aus KEM12
	LS13HV	Im Allgemeinen herrschte ein freundlicher Umgangston zwischen dem Betreuer und mir. (nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl & nur sehr geringe Änderung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
30	LS14HV	Der Betreuer respektierte mich.	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
	LS15HV	Der Betreuer hat mir geholfen, wenn ich Probleme hatte. (nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl & nur sehr geringe Änderung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
31	LS16HV	Der Betreuer hat uns alle gleich behandelt. (für die Auswertung ausgeschlossen – Itemanalyse & confirmatorische Faktorenanalyse)	5-stufig Likert	Aus KEM12 (angepasst)
	LS17HV	Probleme von einzelnen Schülerinnen und Schülern meiner Klasse werden von der Lehrkraft sehr ernst genommen. (einmaliger Schülerlaborbesuch – nicht einschätzbar)	5-stufig Likert	Aus KEM12
	LS18HV	Auf diese Lehrkraft kann man sich immer verlassen. (einmaliger Schülerlaborbesuch – nicht einschätzbar)	5-stufig Likert	Aus KEM12

BASIC NEEDS				
Autonomieerleben // 4 Items mit Cronbachs α: T2=0.64 (Pilotierung N=74), T2=0.65 (Hauptstudie N=1490)				
32	BNA1	<i>Ich konnte heute eigene Ideen einbringen. (Aufgrund mäßiger Reliabilität der Skala wurde dieses Item geändert. Ursprünglich: Mir fehlte die Möglichkeit, eigene Ideen einzubringen. *)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
33	BNA2	<i>Ich konnte meine Meinung und meine Ideen frei äußern.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
34	BNA3	<i>Ich konnte eigenständig bestimmen, wie ich vorgehe. (Aufgrund konfirmatorischer Faktorenanalyse und Itemanalyse umformuliert. Ursprünglich: Ich konnte zu wenig selbst bestimmen. *)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
35	BNA4	<i>Während des Laborbesuchs konnte ich mich im Grunde so geben, wie ich bin.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	BNA5	<i>Es gab viele Möglichkeiten für mich, selbst zu entscheiden, wie ich vorgehe. (nach Pilotierung entfernt – konfirmatorische Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	BNA6	<i>Die Arbeitsweise im Schülerlabor hat mich zum eigenständigen Denken ermuntert. (nach Pilotierung entfernt – konfirmatorische Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
Kompetenzerleben // 4 Items mit Cronbachs α: T2=0.80 (Pilotierung N=74), T2=0.71 (Hauptstudie N=1490)				
	BNK1	<i>Ich habe während des Besuchs im Schülerlabor oft an meinen Fähigkeiten gezweifelt. * (nach Pilotierung entfernt – konfirmatorische Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	BNK2	<i>Ich habe mich während des Laborbesuchs kompetent gefühlt. (nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl, Verbesserung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
36	BNK3	<i>Ich habe meine eigenen Ziele heute erreicht.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	BNK4	<i>Ich war mir während des Arbeitens oft unsicher. * (nach Pilotierung entfernt – konfirmatorische Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
37	BNK5	<i>Ich hatte das Gefühl, dass ich die an mich gestellten Herausforderungen erfüllen konnte.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
38	BNK6	<i>Bei den Anleitungen wusste ich immer genau, was zu tun ist.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
39	BNK7	<i>Ich konnte in meinem Team zum Vorankommen viel selbst beitragen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
Soziale Eingebundenheit // 4 Items mit α: T2=0.92 (Pilotierung N=74), T2=0.77 (Hauptstudie N=1490)				
	BNE1	<i>Ich habe mich gut mit meinen Mitschülern verstanden. (nach Pilotierung entfernt – konfirmatorische Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	BNE2	<i>Die Leute, mit denen ich gearbeitet habe, mögen mich. (nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl, geringe Beeinflussung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
40	BNE3	<i>Ich hatte das Gefühl, dass meine Teammitglieder auf mich eingehen und mich verstehen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	BNE4	<i>Ich wäre heute lieber ganz für mich geblieben. * (nicht verwendet, da bei Weßnigk (2013) niedrigste Trennschärfe der Skala ($r_i=0.56$) und Reliabilität der Skala ohne dieses Item unverändert ($\alpha=0.90$))</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	BNE5	<i>Die anderen in meinem Team scheinen mich nicht besonders zu mögen. *(nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl, geringe Beeinflussung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
41	BNE6	<i>Die Atmosphäre im Team war freundschaftlich und entspannt.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
42	BNE7	<i>Ich hatte das Gefühl, dazu zu gehören.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
43	BNE8	<i>Ich hatte den Eindruck, ernst genommen zu werden.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	BNE9	<i>Ich wurde von den Personen um mich herum gleichberechtigt behandelt. (nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl, geringe Beeinflussung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	BNE10	<i>Ich fühlte mich von meinem Gruppenmentor verstanden und unterstützt. (nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl, geringe Beeinflussung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)

DISPOSITIONALES INTERESSE				
Sachinteresse an Naturwissenschaften				
4 Items mit Cronbachs α : T1=0.79, T2=0.78 (Pilotierung N=74); T1=0.79, T2=0.79 (Hauptstudie N=1490)				
44	DIntNW1	<i>Naturwissenschaften bringen mir Spaß.</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09
45	DIntNW2	<i>Bei naturwissenschaftlichen Sendungen im Fernsehen würde ich aus- oder umschalten. *</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09 (geändert)
	DIntNW3	<i>Naturwissenschaften gehören für mich persönlich zu den wichtigen Dingen.</i> <small>(vor Pilotierung entfernt – Abgrenzung zum Fachinteresse zu unscharf)</small>	5-stufig Likert	Aus PAW09
46	DIntNW4	<i>In meiner Freizeit führe ich nur ungern Gespräche über naturwissenschaftliche Themen. *</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09 (angepasst)
	DIntNW5	<i>Ich finde es wichtig, mich mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu beschäftigen.</i> <small>(nach Pilotierung entfernt – konfirmatorische Faktorenanalyse)</small>	5-stufig Likert	Aus PAW09
47	DIntNW6	<i>Naturwissenschaftliche Artikel finde ich völlig uninteressant. *</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09
	DIntNW7	<i>In meiner Freizeit habe ich Besseres zu tun, als über naturwissenschaftliche Phänomene nachzudenken. *</i> <small>(nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl, geringe Beeinflussung der Reliabilität)</small>	5-stufig Likert	Aus PAW09
Sachinteresse Physik				
4 Items mit Cronbachs α : T1=0.83, T2=0.90 (Pilotierung N=74); T1=0.81, T2=0.83 (Hauptstudie N=1490)				
48	DIntSPH1	<i>Auch außerhalb der Schule interessieren mich physikalische Themen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (geändert)
	DIntSPH2	<i>In meiner Freizeit (Fernsehen, Internet, Bücher, ...) befasse ich mich mit fachlichen Themen aus dem Bereich Physik.</i> <small>(nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl unter Beachtung von Trennschärfe und geringer Beeinflussung der Reliabilität)</small>	5-stufig Likert	Aus WEß13
49	DIntSPH3	<i>Es macht mir Spaß an einem physikalischen Problem zu knobeln.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
50	DIntSPH4	<i>Wenn ich physikalische Aufgaben bearbeite, merke ich manchmal gar nicht, wie die Zeit verfliegt.</i> <small>(für Auswertung entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (geändert)
	DIntSPH5	<i>Physik gehört für mich persönlich zu den wichtigen Dingen.</i> <small>(vor Pilotierung entfernt – Abgrenzung zum Fachinteresse zu unscharf)</small>	5-stufig Likert	Aus WEß13
51	DIntSPH6	<i>Ich bin bereit, auch Freizeit zu verwenden, wenn ich etwas in Physik dazulernen kann.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
Fachinteresse Physik				
4 Items mit Cronbachs α : T1=0.89, T2=0.89 (Pilotierung N=74); T1=0.88, T2=0.88 (Hauptstudie N=1490)				
52	DIntFPh1	<i>Der Physikunterricht macht mir Spaß.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
53	DIntFPh2	<i>Die Themen des Physikunterrichts interessieren mich.</i>	5-stufig Likert	Neu
54	DIntFPh3	<i>Ich spreche mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über die Dinge, die ich im Physikunterricht gelernt habe.</i> <small>(für Auswertung entfernt – Verbesserung der Reliabilität)</small>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
55	DIntFPh4	<i>Im Physikunterricht fühle ich mich wohl.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	DIntFPh5	<i>Physik gehört für mich persönlich zu den wichtigen Dingen.</i> <small>(nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl unter Beachtung von Trennschärfe und geringer Beeinflussung der Reliabilität)</small>	5-stufig Likert	Aus PAW09

AKTUELLES INTERESSE				
Emotionale Komponente				
3 Items mit Cronbachs α : T2=0.92 (Pilotierung N=74); T2=0.84 (Hauptstudie N=1490)				
56	AlntEm1	Das Durchführen der Experimente war nicht langweilig.	5-stufig Likert	Aus STR15
57	AlntEm2	Die Experimente haben mir Spaß gemacht.	5-stufig Likert	Aus STR15
	AlntEm3	Beim Experimentieren verging die Zeit schnell. (nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl unter Beachtung von Trennschärfe und geringer Beeinflussung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus STR15
	AlntEm4	Die Arbeit mit Geräten, die auch in der Forschung verwendet werden, bereitete mir Spaß. (nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl unter Beachtung von Trennschärfe und geringer Beeinflussung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus STR15
58	AlntEm5	Die Experimente waren für mich spannend.	5-stufig Likert	Aus STR15 (geändert)
Wertbezogene Komponente				
3 Items mit Cronbachs α : T2=0.87 (Pilotierung N=74); T2=0.71 (Hauptstudie N=1490)				
59	AlntW1	Dass wir heute Experimente durchgeführt haben, ist mir persönlich wichtig.	5-stufig Likert	Aus STR15
60	AlntW2	Das eigenständige Experimentieren war mir wichtig.	5-stufig Likert	Aus STR15
	AlntW3	Der Bezug der Experimente zu anderen naturwissenschaftlichen Gebieten war mir wichtig. (nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl unter Beachtung von Trennschärfe und geringer Beeinflussung der Reliabilität)	5-stufig Likert	Aus STR15
61	AlntW4	Dass wir heute Experimente durchgeführt haben, erscheint mir sinnvoll.	5-stufig Likert	Aus STR15
	AlntW5	Die Zusammenarbeit mit den Mitschülerinnen bzw. Mitschülern war mir wichtig. (nicht verwendet, da bei Streller (2015) niedrigste Trennschärfe der Skala ($r_t=0.32$) und Reliabilität der Skala ohne dieses Item verbessert von $\alpha=0.74$ auf $\alpha=0.76$)	5-stufig Likert	Aus STR15
Epistemische Komponente				
4 Items mit Cronbachs α : T2=0.79 (Pilotierung N=74); T2=0.81 (Hauptstudie N=1490)				
62	AlntEp1	Beim Experimentieren habe ich interessante Anregungen erhalten.	5-stufig Likert	Aus STR15
63	AlntEp2	Solche Experimente, wie wir sie im Schülerlabor durchgeführt haben, würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	5-stufig Likert	Aus STR15
64	AlntEp3	Beim Experimentieren bin ich auf neue Ideen gekommen.	5-stufig Likert	Aus STR15
65	AlntEp4	Ich würde gerne mehr über die Experimente erfahren, die wir im Schülerlabor durchgeführt haben.	5-stufig Likert	Aus STR15

IMAGE				
Image von Physik als Unterrichtsfach				
4 Items mit Cronbachs α : T1=0.80, T2=0.85 (Pilotierung N=74); T1=0.69, T2=0.76 (Hauptstudie N=1490)				
66	ImgFPh1	unwichtig – wichtig	6-stufige Skala	Aus WEß13
	ImgFPh2	unproduktiv – produktiv (nach Pilotierung entfernt – zu unspezifisch)	6-stufige Skala	Aus WEß13
67	ImgFPh3	unkreativ – kreativ	6-stufige Skala	Aus WEß13
	ImgFPh4	statisch – dynamisch (nach Pilotierung entfernt – zu unspezifisch)	6-stufige Skala	Aus WEß13
68	ImgFPh5	abgeschlossen – offen	6-stufige Skala	Aus WEß13
69	ImgFPh6	rückschrittlich – fortschrittlich	6-stufige Skala	Aus WEß13
	ImgFPh7	konservativ – innovativ (nach Pilotierung entfernt, da dieses Item 4x häufiger als die anderen nicht angekreuzt wurde und häufiger mit Fragezeichen auf dem FB versehen wurden)	6-stufige Skala	Aus WEß13

Image von Physik als Wissenschaft				
4 Items mit Cronbachs α : T1=0.87, T2=0.83 (Pilotierung N=74); T1=0.70, T2=0.73 (Hauptstudie N=1490)				
70	ImgWPh1	<i>unwichtig – wichtig</i>	6-stufige Skala	Aus WEß13
	ImgWPh2	<i>unproduktiv – produktiv</i>	6-stufige Skala	Aus WEß13
71	ImgWPh3	<i>unkreativ – kreativ</i>	6-stufige Skala	Aus WEß13
	ImgWPh4	<i>statisch – dynamisch</i>	6-stufige Skala	Aus WEß13
72	ImgWPh5	<i>abgeschlossen – offen</i>	6-stufige Skala	Aus WEß13
73	ImgWPh6	<i>rückschrittlich – fortschrittlich</i>	6-stufige Skala	Aus WEß13
	ImgWPh7	<i>konservativ – innovativ</i>	6-stufige Skala	Aus WEß13

SELBSTWIRKSAMKEITSERWARTUNG				
Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Physik				
4 Items mit Cronbachs α : T1=0.78, T2=0.79 (Pilotierung N=74); T1=0.80, T2=0.81 (Hauptstudie N=1490)				
74	SWEPPh1	<i>Ich erwarte, neuen Unterrichtsstoff in Physik gut zu verstehen.</i>	5-stufig Likert	Aus JER99 (angepasst)
75	SWEPPh2	<i>Wenn ich mich anstrenge, traue ich mir zu, auch schwierige Physikaufgaben zu lösen.</i>	5-stufig Likert	Aus JER99 (angepasst)
	SWEPPh3	<i>Es hat wenig Sinn, dass ich mich in Physik anstrenge, da ich doch nicht so viel erreichen kann. *</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – confirmatorische Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus JER99 (angepasst)
76	SWEPPh4	<i>Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, glaube ich, immer noch gute Leistungen in Physik erzielen zu können.</i>	5-stufig Likert	Aus JER99 (angepasst)
77	SWEPPh5	<i>Sollte das Tempo im Physikunterricht mehr anziehen, würde es mir schwerfallen, hinterherzukommen. *</i>	5-stufig Likert	Aus JER99 (angepasst)
	SWEPPh6	<i>Sollte auch mal jemand an meinen Fähigkeiten in Physik zweifeln, weiß ich trotzdem, dass ich gute Leistungen erzielen kann.</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – confirmatorische Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Aus JER99 (angepasst)
	SWEPPh7	<i>Ich bin mir sicher, dass ich auch dann noch meine gewünschten Leistungen in Physik erreichen kann, wenn ich mal eine schlechte Note bekommen habe.</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl unter Beachtung von Trennschärfe und geringer Beeinflussung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Aus JER99 (angepasst)
Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Experimentieren				
4 Items mit Cronbachs α : T1=0.78, T2=0.80 (Pilotierung N=74); T1=0.74, T2=0.74 (Hauptstudie N=1490)				
78	SWEEExp1	<i>Es fällt mir leicht, mir vorher unbekannte physikalische Schüler-Experimente durchzuführen.</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an JER99
79	SWEEExp2	<i>Wenn ich mich anstrenge, traue ich mir zu, auch schwierige Experimente durchzuführen.</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an JER99
80	SWEEExp3	<i>Es hat wenig Sinn, dass ich mich beim Experimentieren anstrenge, da ich doch nicht so viel erreichen kann. *</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an JER99
81	SWEEExp4	<i>Beim Experimentieren brauche ich viel Anleitung und Hilfe. *</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an JER99
	SWEEExp5	<i>Ich erwarte, dass ich auch zukünftige Schüler-Experimente erfolgreich durchführen kann.</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – Reduktion der Itemanzahl unter Beachtung von Trennschärfe und geringer Beeinflussung der Reliabilität)</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an JER99
	SWEEExp6	<i>Ich traue mir zu, Schüler-Experimente auch ohne die Hilfe und Unterstützung anderer durchzuführen.</i> <i>(nach Pilotierung entfernt – confirmatorische Faktorenanalyse)</i>	5-stufig Likert	Neu, orientiert an JER99

Fähigkeitsselbstkonzept Physik				
Engeln (2004), Pawek (2009), Weißnigk (2013), Streller (2015) erheben das Fähigkeitsselbstkonzept. Da jedoch die Selbstwirksamkeitserwartung weniger stabil als das Selbstkonzept ist, und somit eher Interessentyp-abhängige, <i>auswertbare Änderungen</i> der Selbstwirksamkeitserwartung durch den Laborbesuch auftreten können, wird in dieser Untersuchung das die Selbstwirksamkeitserwartung, statt dem Fähigkeitsselbstkonzept erhoben.				
	FSKPh1	<i>In Physik traue ich mir einiges zu.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	FSKPh2	<i>Physik liegt mir nicht besonders. *</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	FSKPh3	<i>Bei manchen physikalischen Sachen weiß ich schon im Voraus, dass ich sie nie verstehe. *</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	FSKPh4	<i>Ich glaube, meine Mitschüler halten mich für wirklich gut in Physik.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	FSKPh5	<i>Kein Mensch kann alles – ich habe einfach keine Begabung für Physik. *</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	FSKPh6	<i>Wenn ich eine neue Aufgabe in Physik bearbeiten soll, bin ich mir sicher, dass ich sie schaffe.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	FSKPh7	<i>Es hat wenig Sinn, dass ich mich in Physik anstrenge, da ich doch nicht so viel erreichen kann. *</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	FSKPh8	<i>Wenn eine Aufgabe in Physik schwierig erscheint, spornt mich das erst recht an, die Aufgabe zu lösen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	FSKPh9	<i>Obwohl ich mir viel Mühe gebe, fällt mir das Fach schwerer als vielen meiner Mitschüler. *</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)

SWE naturwissenschaftlich-technisch-wirtschaftliche Arbeitsweisen
8 Items mit Cronbachs α : T1=0.86, T2=0.89 (Pilotierung N=74); T1=0.84, T2=0.84 (Hauptstudie N=1490)
<i>Einige Items wurden schon vor der Pilotierung gestrichen, um die Gesamtanzahl der Items in den Fragebögen zu reduzieren. Streichungen erfolgen auf Basis der Untersuchung von Weißnigk (2013) – nicht signifikante Items zuerst gestrichen, ebenso solche, die keine Schnittmenge mit den Inhalten des Experimentiertags am Schülerlabor DeltaX haben; repräsentative Items für die Bereiche natwiss-tech-wirtschaftl. Arbeitsweisen wurden für die Pilotierung beibehalten (Weißnigk 2013):</i>
<i>Bereich Ideen und Problemlösen – Items 1 bis 5 Bereich Forschen & Entwickeln – Items 5 bis 9 Bereich Technik – Items 11 & 12 Bereich Teamarbeit – Items 14 bis 16 Bereich unternehmerische Kompetenzen – Items 17 bis 20</i>
<i>Im Rahmen der Pilotierung konnten mittels explorativer Faktorenanalyse 3 Faktoren (d.h. Bereiche) identifiziert werden (Hauptachsenanalyse mit obliquer (Promax)-Rotation). Dabei bildeten die Items 1, 3, 5, 6 & 7 den ersten Faktor, welche die beiden Bereiche Ideen und Problemlösen und Forschen und Entwickeln bei Weißnigk (2013) zusammenfassen. Die Items 11 & 12 bilden den zweiten Faktor, welcher perfekt mit dem Bereich Technik übereinstimmt. Schließlich bilden die Items 14, 16 & 17 den dritten Faktor, welcher die letzten beiden Bereiche Teamarbeit und unternehmerische Kompetenzen zusammenfasst. Die Items 18 & 19 luden nicht eindeutig auf einen Faktor und werden deshalb ausgeschlossen. Gleiches gilt für die Items 5 & 6, die beide auf den ersten Faktor laden, jedoch zugunsten einer Reduzierung der Itemanzahl ebenfalls ausgeschlossen werden. Aufgrund der Ergebnisse der Faktorenanalyse werden also 3 Aspekte naturwissenschaftlich-technisch-wirtschaftlicher Arbeitsweisen aus den Items gebildet:</i>
<i>Kreativer Aspekt – Items 1, 3 & 7 Technischer Aspekt – Items 11 & 12 Kooperativer Aspekt – Items 14, 16 & 17</i>

82	SWENA1	<i>Ich traue mir zu, in einem naturwissenschaftlich-technischem Beruf kreative Impulse zu geben.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA2	<i>... Ideen zu entwickeln, die die Arbeit voranbringen. (von Anfang an aussortiert)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
83	SWENA3	<i>... Problemlösungsansätze zu entwickeln.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA4	<i>... eigene Gedanken und Vorschläge zu entwickeln. (von Anfang an aussortiert)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA5	<i>... praktische Probleme zu lösen. (nach Pilotierung entfernt – Reduzierung Itemanzahl)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA6	<i>... neue Verfahren zu entwickeln. (nach Pilotierung entfernt – Reduzierung Itemanzahl)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
84	SWENA7	<i>... neue Produkte zu entwickeln.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA8	<i>... Neues im naturwissenschaftlichen Bereich zu entwickeln. (von Anfang an aussortiert)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA9	<i>... im experimentellen Bereich zu forschen. (nach Pilotierung entfernt – Ladung auf mehreren Faktoren)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA10	<i>... mich in den Umgang mit neuen Maschinen einzuarbeiten. (von Anfang an aussortiert)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
85	SWENA11	<i>... technische Prozesse zu verstehen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
86	SWENA12	<i>... technische Prozesse umzusetzen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA13	<i>... nach Standardverfahren vorzugehen. (von Anfang an aussortiert)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
87	SWENA14	<i>... mit anderen zu kooperieren.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA15	<i>... im Team einen eigenen Beitrag zu leisten, um gemeinsam etwas zu schaffen. (von Anfang an aussortiert)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
88	SWENA16	<i>... in der Teamarbeit Verantwortung zu übernehmen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
89	SWENA17	<i>... Entscheidungen zu treffen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA18	<i>... Arbeitsaufträge zu geben. (nach Pilotierung entfernt – Ladung auf mehreren Faktoren)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA19	<i>... komplexe Problemstellungen zu bearbeiten. (nach Pilotierung entfernt – Ladung auf mehreren Faktoren)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA20	<i>... wichtige theoretische Fragen zu bearbeiten. (von Anfang an aussortiert)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
	SWENA21	<i>... in einem Unternehmen zu arbeiten. (von Anfang an aussortiert)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13

BERUFSORIENTIERUNG				
Einstellung zum naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz				
3 Items mit Cronbachs α : T1=0.91, T2=0.90 (Pilotierung N=74); T1=0.93, T2=0.94 (Hauptstudie N=1490)				
90	BOENW1	<i>Ich könnte mir vorstellen, etwas im naturwissenschaftlichen Bereich zu studieren bzw. eine Ausbildung zu machen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
91	BOENW2	<i>Ich kann mir vorstellen, in einem Beruf zu arbeiten, der etwas mit Naturwissenschaft zu tun hat.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (geändert)
	BOENW3	<i>Ich denke, es ist wichtig, dass ich in der heutigen Arbeitswelt über naturwissenschaftliches Grundwissen verfüge.</i> (nach Pilotierung entfernt – niedrigste Trennschärfe der Skala ($r_{tt}(T1)=0.61$) und Reliabilität der Skala ohne dieses Item besser)	5-stufig Likert	Aus WEß13
92	BOENW4	<i>Ich sehe meine beruflichen Schwerpunkte im naturwissenschaftlichen Umfeld.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (angepasst)
	BOENW5	<i>Beruflich gesehen möchte ich absolut nichts mit Naturwissenschaften zu tun haben. *</i> (nach Pilotierung entfernt – niedrigste Trennschärfe der Skala ($r_{tt}(T2)=0.78$) und Reliabilität der Skala ohne dieses Item besser)	5-stufig Likert	Aus WEß13
	BOENW6	<i>Ohne naturwissenschaftliches Grundwissen kann man in der heutigen Arbeitswelt nichts werden.</i> (Herauslassen dieses Items änderte die Skalenwerte bei Weßnigk (2013) kaum und wird deshalb entfernt.)	5-stufig Likert	Aus WEß13
Favorisierte Berufsfelder (8 Items)				
93	BOFB1	<i>Können Sie sich vorstellen, in den folgenden Berufsfeldern zu arbeiten? Mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich</i>	5-stufig Likert	Aus STR15
94	BOFB2	<i>Gesellschaftlich-politischer Bereich</i>	5-stufig Likert	Aus STR15
95	BOFB3	<i>Künstlerisch-musischer Bereich</i>	5-stufig Likert	Aus STR15
96	BOFB4	<i>Philosophischer Bereich</i>	5-stufig Likert	Aus STR15
97	BOFB5	<i>Handwerklicher Bereich</i>	5-stufig Likert	Aus STR15
98	BOFB6	<i>Sprachlicher Bereich</i>	5-stufig Likert	Aus STR15
99	BOFB7	<i>Technischer Bereich</i>	5-stufig Likert	Aus STR15
100	BOFB8	<i>Sozialer Bereich</i>	5-stufig Likert	Aus STR15

BILANZ				
Erwartungen / erfüllte Erwartungen (Skala wird nicht ausgewertet – zu geringe Güte)				
3 Items mit Cronbachs α : T1=0.70, T2=0.69 (Pilotierung N=74); T1=0.59, T2=0.57 (Hauptstudie N=1490)				
101	BEES1	<i>Ich erwarte, dass der Laborbesuch Spaß macht. / Der Laborbesuch hat Spaß gemacht.</i>	5-stufig Likert	Neu
102	BEES2	<i>Ich erwarte, dass ich etwas Neues über Naturwissenschaft lerne. / Ich habe Neues über Naturwissenschaft gelernt.</i>	5-stufig Likert	Neu
103	BEES3	<i>Ich erwarte, dass ich etwas Neues über naturwissenschaftliche Berufsbilder lerne. / Ich habe Neues über naturwissenschaftliche Berufsbilder gelernt.</i>	5-stufig Likert	Neu
	BEES4	<i>Ich habe mich heute wohlfühlt.</i> (Item nach Pilotierung entfernt – nicht benötigt)	5-stufig Likert	Aus EMUv6.0 (angepasst)
	BEES5	<i>Wir haben uns im Unterricht inhaltlich auf den Laborbesuch vorbereitet.</i> (Item nach Pilotierung entfernt – nicht benötigt)	5-stufig Likert	Aus WEß13

Wahrgenommener Lernzuwachs 4 Items mit Cronbachs α : T2=0.66 (Pilotierung N=74); T2=0.64 (Hauptstudie N=1490)				
104	BLZ1	<i>Ich habe heute etwas gelernt, worüber ich vorher nichts wusste. (Aufgrund mäßiger Reliabilität der Skala wurde dieses Item geändert. Ursprünglich: Ich hatte heute die Gelegenheit, notwendiges Wissen für die Arbeit im Schülerlabor zu erwerben, was ich vorher nicht hatte.)</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13 (geändert)
105	BLZ2	<i>Ich konnte mir mit Hilfe der Arbeitsaufträge selbständig Wissen aneignen.</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
106	BLZ3	<i>Ich habe heute etwas über die Bedeutung von Radioaktivität für mein Leben erfahren. (Aufgrund mäßiger Reliabilität der Skala wurde dieses Item geändert. Ursprünglich: Ich habe viele interessante, neue Fertigkeiten gelernt.)</i>	5-stufig Likert	Neu (urspr. aus WEß13)
107	BLZ4	<i>Ich habe in meiner Gruppe nicht viel gelernt. *</i>	5-stufig Likert	Aus WEß13
Wahrgenommene Bedeutung von NW für den Alltag 3 Items mit Cronbachs α : T2=0.87 (Pilotierung N=74); T2=0.83 (Hauptstudie N=1490)				
	BBA1	<i>Ich konnte eine Bedeutung der durchgeführten Experimente für das alltägliche Leben erkennen. (nach Pilotierung entfernt (Reduzierung der Itemanzahl) – Reliabilität der Skala ohne dieses Item unverändert)</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09
108	BBA2	<i>Ich habe einen Eindruck über die Bedeutung der Forschung für mein alltägliches Leben bekommen.</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09
109	BBA3	<i>Ich habe heute etwas über die Bedeutung von Naturwissenschaften für unseren Alltag gelernt.</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09
110	BBA4	<i>Ich habe heute etwas über die Bedeutung von Naturwissenschaften für unsere Gesellschaft gelernt.</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09
Einblick in Forschung 3 Items mit Cronbachs α : T2=0.79 (Pilotierung N=74); T2=0.68 (Hauptstudie N=1490)				
	BEF1	<i>Ich habe heute einen Einblick in den Berufsalltag von Wissenschaftlern bekommen. (nach Pilotierung entfernt (Reduzierung der Itemanzahl) – Reliabilität der Skala ohne dieses Item höher)</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09
111	BEF2	<i>Ich habe heute ein Gefühl dafür bekommen, wie Forschung funktioniert.</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09
112	BEF3	<i>Ich habe heute etwas über die Ziele naturwissenschaftlicher Forschung gelernt.</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09
113	BEF4	<i>Ich habe heute etwas über die Forschungsarbeit des HZDR gelernt.</i>	5-stufig Likert	Aus PAW09 (angepasst)

INTERESSENTYP				
Leistung und Leistungsbereitschaft (3 Items)				
114	TypLLNot eakt	Geben Sie bitte Ihre letzte Physiknote an.	Notenskala	Neu
115	TypLLNot eSJ	Welche Physiknote (bzw. Notenpunkte) werden Sie dieses Schuljahr schätzungsweise erreichen?	Notenskala	Neu
116	TypLLEng a	Wie sehr planen Sie sich im Physikunterricht <u>in Zukunft</u> zu engagieren / anzustrengen?	5-stufig Likert	Neu
Rahmenmerkmale (6 Items)				
117	TypRALter	Alter	ordinal	---
118	TypRSex	Geschlecht	nominal	---
119	TypRKlas se	Klassenstufe	ordinal	---
120	TypRSch ulart	Schulart	nominal	---
121	TypRNKG KLK	Neigungskurs NaWi / Grundkurs / Leistungskurs in Physik	nominal	---
Favorisierte Berufsfelder (keine neuen Items)				
Gl. Skala wie Berufsorientierung	BOFB1	Ich kann mir vorstellen, in den folgenden Berufsfeldern zu arbeiten: Mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich	5-stufig Likert	Aus STR15
	BOFB2	Gesellschaftlich-politischer Bereich	5-stufig Likert	Aus STR15
	BOFB3	Künstlerisch-musischer Bereich	5-stufig Likert	Aus STR15
	BOFB4	Philosophischer Bereich	5-stufig Likert	Aus STR15
	BOFB5	Handwerklicher Bereich	5-stufig Likert	Aus STR15
	BOFB6	Sprachlicher Bereich	5-stufig Likert	Aus STR15
	BOFB7	Technischer Bereich	5-stufig Likert	Aus STR15
	BOFB8	Sozialer Bereich	5-stufig Likert	Aus STR15
Lieblingsfächer (8 Items)				
122	TypLFDe	Die folgenden Schulfächer machen mir – unabhängig vom Lehrer – Spaß: Deutsch	5-stufig Likert	Aus STR15
123	TypLFCh	Chemie	5-stufig Likert	Aus STR15
124	TypLFEng	Englisch	5-stufig Likert	Aus STR15
125	TypLFBio	Biologie	5-stufig Likert	Aus STR15
126	TypLFPh	Physik	5-stufig Likert	Aus STR15
127	TypLFGe	Geschichte	5-stufig Likert	Aus STR15
128	TypLFMa	Mathematik	5-stufig Likert	Aus STR15
129	TypLFInf	Informatik	5-stufig Likert	Aus STR15

BELIEFS ZU RADIOAKTIVITÄT & STRAHLUNG (nach Pilotierung hinzugefügt)				
Medienvertrauen & Argumentationsfähigkeit (3 Items)				
130	EREW1	<i>Alles was ich über Radioaktivität wissen muss, lerne ich in der Schule und aus den Medien.</i>	5-stufig Likert	Neu
131	EREW2	<i>Ich fühle mich durch die Medien über das Thema Radioaktivität gut informiert.</i>	5-stufig Likert	Neu
132	EREW3	<i>Ich verstehe die physikalischen Prozesse so gut, dass ich zum Thema diskutieren kann.</i>	5-stufig Likert	Neu
(Fehl-)Vorstellungen (5 Items)				
133	ERF1	<i>Es gibt keinen genauen Grenzwert, ab dem eine Krebserkrankung auftritt.</i>	5-stufig Likert	Neu
134	ERF2	<i>Künstlich erzeugte Strahlung ist gefährlicher als natürliche Strahlung.</i>	5-stufig Likert	Neu
135	ERF3	<i>Strahlung umgibt mich ständig.</i>	5-stufig Likert	Neu
136	ERF4	<i>Wer bestrahlt wurde, strahlt auch selbst.</i>	5-stufig Likert	Neu
137	ERF5	<i>Wer Radionuklide aufgenommen hat, strahlt auch selbst.</i>	5-stufig Likert	Neu
Interesse an der Thematik Radioaktivität (4 Items)				
138	ERI1	<i>Das Thema Radioaktivität und Strahlung interessiert mich.</i>	5-stufig Likert	Neu
139	ERI2	<i>Ich würde gerne mehr über die Wirkung von Strahlung im Körper erfahren.</i>	5-stufig Likert	Neu
140	ERI3	<i>Das Thema Endlagerung ist für mich von Bedeutung.</i>	5-stufig Likert	Neu
141	ERI4	<i>Mich interessiert die Debatte über den Atomausstieg.</i>	5-stufig Likert	Neu
Angst vor Strahlung (3 Items)				
142	ERA1	<i>Ich möchte nie mit radioaktiven Substanzen arbeiten, weil es zu gefährlich ist.</i>	5-stufig Likert	Neu
143	ERA2	<i>Ich habe Angst vor Strahlung.</i>	5-stufig Likert	Neu
144	ERA3	<i>Ich fühle mich unwohl, wenn ich geröntgt werde.</i>	5-stufig Likert	Neu
Irrationale Angst / Abneigung gegenüber Radioaktivität (3 Items)				
145	ERN1	<i>Am besten wäre es, wenn es gar keine Radioaktivität gäbe.</i>	5-stufig Likert	Neu
146	ERN2	<i>Auf Strahlung kann gut verzichtet werden.</i>	5-stufig Likert	Neu
147	ERN3	<i>Radioaktivität ist immer schlecht.</i>	5-stufig Likert	Neu



Fragebogen zu Zielvariablen des Schülerlaborbesuchs (vor dem Experimentiertag – T1)

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

mit diesem Fragebogen möchten wir etwas über Ihre persönlichen Interessen und Vorstellungen zu Naturwissenschaften erfahren. Mit dem Ausfüllen des Fragebogens tragen Sie zur **Verbesserung von Schülerlaboren** bei.

Dabei handelt es sich **nicht** um eine Leistungskontrolle und Ihre Antworten bleiben **anonym**. Antworten Sie **ehrlich und nicht wie Sie meinen, dass wir es wollen**.

Wir planen, Sie nach der Veranstaltung noch einmal zu befragen. Für die anonyme Zuordnung der Fragebögen wird Ihr persönlicher Erkennungscode benötigt:

Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter: 1. ____ 2. ____	An welchem Tag sind Sie geboren? (bitte einkreisen)	In welchem Jahr sind Sie geboren?	Sie sind ...
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	19____ bzw. 20____	<input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

Das DeltaX-Team

Diesen Fragebogen bitte schon **vor dem Einführungsvortrag** ausfüllen. Danach geht's los! 😊

1. Fragen zu ihrer Person

Alter: _____	Klassenstufe: _____	<input type="checkbox"/> Oberschule <input type="checkbox"/> Gymnasium <input type="checkbox"/> Berufsschule <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____	<i>falls zutreffend:</i> <input type="checkbox"/> Physik Leistungskurs <input type="checkbox"/> Physik Grundkurs <input type="checkbox"/> Neigungskurs: _____
WICHTIG! Geben Sie Ihre letzte Zeugnisnote in Physik an (bitte einkreisen):		1 2 3 4 5 6	
Welche Physiknote werden Sie dieses Schuljahr schätzungsweise erreichen (bitte einkreisen)?		1 2 3 4 5 6	
Wie sehr planen Sie sich im Physikunterricht <u>in Zukunft</u> zu engagieren / anzustrengen (bitte ankreuzen)?		<i>gar nicht</i> <i>sehr</i>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

2. Erwartungen an den Laborbesuch

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Ich erwarte, dass der Laborbesuch Spaß macht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich erwarte, dass ich etwas Neues über Naturwissenschaft lerne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich erwarte, dass ich etwas Neues über naturwissenschaftliche Berufsbilder lerne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Berufsorientierung

Ich kann mir vorstellen, in den folgenden Berufsfeldern zu arbeiten:

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesellschaftlich-politischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Künstlerisch-musischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Philosophischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Handwerklicher Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sprachlicher Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sozialer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich könnte mir vorstellen, etwas im naturwissenschaftlichen Bereich zu studieren bzw. eine Ausbildung zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann mir vorstellen, in einem Beruf zu arbeiten, der etwas mit Naturwissenschaft zu tun hat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich sehe meine beruflichen Schwerpunkte im naturwissenschaftlichen Umfeld.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Lieblingsfächer

Die folgenden Schulfächer machen mir – unabhängig vom Lehrer – Spaß:

	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt teils	stimmt ziemlich	stimmt völlig
Deutsch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chemie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Englisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biologie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Physik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geschichte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mathematik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informatik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Wie schätzen Sie sich selbst ein?

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Beim Experimentieren brauche ich viel Anleitung und Hilfe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich mich anstrenge, traue ich mir zu, auch schwierige Experimente durchzuführen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, glaube ich, immer noch gute Leistungen in Physik erzielen zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich mich anstrenge, traue ich mir zu, auch schwierige Physikaufgaben zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es fällt mir leicht, mir vorher unbekannte physikalische Schüler-Experimente durchzuführen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich erwarte, neuen Unterrichtsstoff in Physik gut zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es hat wenig Sinn, dass ich mich beim Experimentieren anstrenge, da ich doch nicht so viel erreichen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sollte das Tempo im Physikunterricht mehr anziehen, würde es mir schwerfallen, hinterherzukommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In einem naturwissenschaftlich-technischen Beruf traue ich mir zu...					
... kreative Impulse zu geben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... in der Teamarbeit Verantwortung zu übernehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... neue Produkte zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... technische Prozesse zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Entscheidungen zu treffen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... mit anderen zu kooperieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... technische Prozesse umzusetzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Problemlösungsansätze zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Vorstellungen über Physik

Kreuzen Sie bitte hier an, wie Sie Physik sehen. Es geht darum, wie sehr Sie zu einem der beiden gegensätzlichen Adjektive pro Zeile tendieren (pro Zeile genau 1 Kreuz).

Das Unterrichtsfach Physik ist ...							
unwichtig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wichtig
unkreativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ
abgeschlossen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	offen
rückschrittlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fortschrittlich
Die Wissenschaft Physik ist ...							
unwichtig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wichtig
unkreativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ
abgeschlossen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	offen
rückschrittlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fortschrittlich

7. Interesse an Naturwissenschaften und Physik

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
In meiner Freizeit (Fernsehen, Internet, Bücher, ...) befasse ich mich mit fachlichen Themen aus dem Bereich Physik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei naturwissenschaftlichen Sendungen im Fernsehen würde ich aus- oder umschalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Physikunterricht fühle ich mich wohl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich physikalische Aufgaben bearbeite, merke ich manchmal gar nicht, wie die Zeit verfliegt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auch außerhalb der Schule interessieren mich physikalische Themen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Themen des Physikunterrichts interessieren mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In meiner Freizeit führe ich <u>nur ungerne</u> Gespräche über naturwissenschaftliche Themen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin bereit, auch Freizeit zu verwenden, wenn ich etwas in Physik dazulernen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Physikunterricht macht mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Naturwissenschaftliche Artikel finde ich völlig <u>uninteressant</u> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich spreche mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über die Dinge, die ich im Physikunterricht gelernt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Naturwissenschaften bringen mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Ihre Meinung zu Radioaktivität und Strahlung	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu	weiß ich nicht
Das Thema Radioaktivität und Strahlung interessiert mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe Angst vor Strahlung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich möchte nie mit radioaktiven Substanzen arbeiten, weil es zu gefährlich ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mich interessiert die Debatte über den Atomausstieg.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Am besten wäre es, wenn es gar keine Radioaktivität gäbe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Künstlich erzeugte Strahlung ist gefährlicher als natürliche Strahlung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strahlung umgibt mich ständig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alles was ich über Radioaktivität wissen muss, lerne ich in der Schule und aus den Medien.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Radioaktivität ist immer schlecht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wer Radionuklide aufnimmt, strahlt danach.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich unwohl, wenn ich geröntgt werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Thema Endlagerung ist für mich von Bedeutung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich durch die Medien über das Thema Radioaktivität gut informiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde gerne mehr über die Wirkung von Strahlung im Körper erfahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich verstehe die physikalischen Prozesse so gut, dass ich zum Thema diskutieren kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auf Strahlung kann gut verzichtet werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es gibt keinen genauen Grenzwert, ab dem eine Krebserkrankung auftritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wer bestrahlt wurde, strahlt auch selbst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geschafft! Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!



Fragebogen zu Zielvariablen und Qualität des Schülerlaborbesuchs

(nach dem Experimentiertag – T2)

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

mit diesem Fragebogen möchten wir Ihre Meinung über den Schülerlaborbesuch erfahren.

Im Weiteren bleibt alles wie gehabt: Es handelt sich **nicht** um eine Leistungskontrolle und Ihre Antworten bleiben **anonym**. Antworten Sie **ehrlich und nicht wie Sie meinen, dass wir es wollen**. Für die anonyme Zuordnung der Fragebögen wird hier wieder Ihr persönlicher Erkennungscode benötigt:

Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter: 1. ____ 2. ____	An welchem Tag sind Sie geboren? (bitte einkreisen) <table style="width: 100%; text-align: center; border: none;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr> <tr><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		In welchem Jahr sind Sie geboren? 19____ bzw. 20____	Sie sind ... <input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich
1	2	3	4	5	6	7	8																												
9	10	11	12	13	14	15	16																												
17	18	19	20	21	22	23	24																												
25	26	27	28	29	30	31																													

Von wem wurden Sie heute an den Stationen betreut? (Vorname)	<div style="text-align: right; margin-bottom: 5px;"></div> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>
---	--

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

Das DeltaX-Team

1. Wie haben Sie heute gearbeitet?	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Ich war den ganzen Experimentiertag über aktiv bei der Sache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe alle Experimente erfolgreich durchgeführt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer ist auf alle meine Fragen und Probleme eingegangen und hat mir sehr weitergeholfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe anderen etwas erklärt und Rückmeldungen gegeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es gab Aufgaben, die etwas mit meinen Interessen oder meinen Erfahrungen im Alltag zu tun haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fehler wurden von dem Betreuer nicht kritisiert, sondern als Lerngelegenheit betrachtet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe alles verstanden, was wir heute gemacht haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Hinweise und Rückmeldungen des Betreuers waren immer hilfreich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir war heute jederzeit klar, welchen Sinn die Experimente hatten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat viele besonders hilfreiche Denkanstöße gegeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir war jederzeit klar, was ich tun sollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Arbeitsaufträge und Erklärungen wurden so formuliert, dass ich alles verstanden habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe immer konzentriert experimentiert und gearbeitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich heute mit eigenen Beiträgen am Gruppengespräch beteiligt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Interesse am Experimentieren	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Beim Experimentieren habe ich interessante Anregungen erhalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Experimente haben mir Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dass wir heute Experimente durchgeführt haben, erscheint mir sinnvoll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde gerne mehr über die Experimente erfahren, die wir im Schülerlabor durchgeführt haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das eigenständige Experimentieren war mir wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Durchführen der Experimente war <u>nicht</u> langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dass wir heute Experimente durchgeführt haben, ist mir persönlich wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Solche Experimente, wie wir sie im Schülerlabor durchgeführt haben, würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beim Experimentieren bin ich auf neue Ideen gekommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Experimente waren für mich spannend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Wurden Ihre Erwartungen erfüllt?

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Der Laborbesuch hat Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute etwas über die Ziele naturwissenschaftlicher Forschung gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe Neues über naturwissenschaftliche Berufsbilder gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute ein Gefühl dafür bekommen, wie Forschung funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute etwas über die Bedeutung von Radioaktivität für mein Leben erfahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute etwas über die Forschungsarbeit des HZDR gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe Neues über Naturwissenschaft gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe einen Eindruck über die Bedeutung der Forschung für mein alltägliches Leben bekommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute etwas über die Bedeutung von Naturwissenschaften für unseren Alltag gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute etwas über die Bedeutung von Naturwissenschaften für unsere Gesellschaft gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe in meiner Gruppe <u>nicht</u> viel gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte mir mit Hilfe der Arbeitsaufträge selbständig Wissen aneignen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute etwas gelernt, worüber ich vorher nichts wusste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Vorstellungen über Physik

Kreuzen Sie bitte hier an, wie Sie Physik sehen. Es geht darum, wie sehr Sie zu einem der beiden gegensätzlichen Adjektive pro Zeile tendieren (pro Zeile genau 1 Kreuz).

Das Unterrichtsfach Physik ist ...							
unwichtig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wichtig
unkreativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ
abgeschlossen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	offen
rückschrittlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fortschrittlich
Die Wissenschaft Physik ist ...							
unwichtig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wichtig
unkreativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ
abgeschlossen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	offen
rückschrittlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fortschrittlich

5. Interesse an Naturwissenschaften und Physik

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
In meiner Freizeit (Fernsehen, Internet, Bücher, ...) befasse ich mich mit fachlichen Themen aus dem Bereich Physik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei naturwissenschaftlichen Sendungen im Fernsehen würde ich aus- oder umschalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Physikunterricht fühle ich mich wohl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich physikalische Aufgaben bearbeite, merke ich manchmal gar nicht, wie die Zeit verfliegt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auch außerhalb der Schule interessieren mich physikalische Themen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Themen des Physikunterrichts interessieren mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In meiner Freizeit führe ich <u>nur ungerne</u> Gespräche über naturwissenschaftliche Themen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin bereit, auch Freizeit zu verwenden, wenn ich etwas in Physik dazulernen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Physikunterricht macht mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Naturwissenschaftliche Artikel finde ich völlig <u>uninteressant</u> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich spreche mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über die Dinge, die ich im Physikunterricht gelernt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Naturwissenschaften bringen mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Welchen Aussagen können Sie zustimmen?

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Bei den Anleitungen wusste ich immer genau, was zu tun ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte meine Meinung und meine Ideen frei äußern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, dass ich die an mich gestellten Herausforderungen erfüllen konnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte heute eigene Ideen einbringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte eigenständig bestimmen, wie ich vorgehe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, dazu zu gehören.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte den Eindruck, ernst genommen zu werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte in meinem Team zum Vorankommen viel selbst beitragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, dass meine Teammitglieder auf mich eingehen und mich verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Atmosphäre im Team war freundschaftlich und entspannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während des Laborbesuchs konnte ich mich im Grunde so geben, wie ich bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe meine eigenen Ziele heute erreicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Wie schätzen Sie sich selbst ein?

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Beim Experimentieren brauche ich viel Anleitung und Hilfe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich mich anstrenge, traue ich mir zu, auch schwierige Experimente durchzuführen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, glaube ich, immer noch gute Leistungen in Physik erzielen zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich mich anstrenge, traue ich mir zu, auch schwierige Physikaufgaben zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es fällt mir leicht, mir vorher unbekannte physikalische Schüler-Experimente durchzuführen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich erwarte, neuen Unterrichtsstoff in Physik gut zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es hat wenig Sinn, dass ich mich beim Experimentieren anstrenge, da ich doch nicht so viel erreichen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sollte das Tempo im Physikunterricht mehr anziehen, würde es mir schwerfallen, hinterherzukommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In einem naturwissenschaftlich-technischen Beruf traue ich mir zu...					
... kreative Impulse zu geben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... in der Teamarbeit Verantwortung zu übernehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... neue Produkte zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... technische Prozesse zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Entscheidungen zu treffen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... mit anderen zu kooperieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... technische Prozesse umzusetzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Problemlösungsansätze zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Welchen Aussagen können Sie zustimmen? (BITTE GENAU LESEN)

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Ich mag diesen Betreuer sehr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diesen Betreuer hätte ich auch gerne als Lehrer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer war äußerst freundlich zu mir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat mich ernst genommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer respektierte mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In unserer Gruppe waren wir die ganze Zeit freundlich und rücksichtsvoll zueinander.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat mich ausreden lassen, wenn ich dran war.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diesen Betreuer möchte ich gerne auf Klassenfahrten als Betreuung haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat uns alle gleich behandelt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

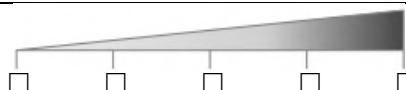
Strahlung umgibt mich ständig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alles was ich über Radioaktivität wissen muss, lerne ich in der Schule und aus den Medien.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Radioaktivität ist immer schlecht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wer Radionuklide aufnimmt, strahlt danach.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich unwohl, wenn ich geröntgt werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Thema Endlagerung ist für mich von Bedeutung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich durch die Medien über das Thema Radioaktivität gut informiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde gerne mehr über die Wirkung von Strahlung im Körper erfahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich verstehe die physikalischen Prozesse so gut, dass ich zum Thema diskutieren kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auf Strahlung kann gut verzichtet werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es gibt keinen genauen Grenzwert, ab dem eine Krebserkrankung auftritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wer bestrahlt wurde, strahlt auch selbst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. Berufsorientierung

Ich kann mir vorstellen, in den folgenden Berufsfeldern zu arbeiten:

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesellschaftlich-politischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Künstlerisch-musischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Philosophischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Handwerklicher Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sprachlicher Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sozialer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich könnte mir vorstellen, etwas im naturwissenschaftlichen Bereich zu studieren bzw. eine Ausbildung zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann mir vorstellen, in einem Beruf zu arbeiten, der etwas mit Naturwissenschaft zu tun hat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich sehe meine beruflichen Schwerpunkte im naturwissenschaftlichen Umfeld.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. Letzte Frage ☺

Wie sehr planen Sie sich im Physikunterricht <u>in Zukunft</u> zu engagieren / anzustrengen (bitte ankreuzen)?	<i>gar nicht</i>  <i>viel</i>
--	---

Geschafft! Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!

B4 ITEMÜBERSICHT DES WIHIC-FRAGEBOGENS

	kaum				beinahe immer
Zusammenhalt, Zusammengehörigkeit (engl. Student Cohesiveness) (Skala wZus)					
≈ Basic Needs: Soziale Eingebundenheit (Skala BNE)					
<i>r(wZus, BNE) = 0.81 Kreuzvalidierung: r(wZus_{vorherges.}(BNE), wZus_{tatsächl.}) = 0.86 // N = 106.</i>					
wZus1. Es waren Freunde von mir in meiner Gruppe.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wZus2. Ich kenne die Schüler in meiner Gruppe gut.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wZus3. Ich bin freundlich zu meinen Gruppenmitgliedern gewesen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wZus4. Die heutigen Gruppenmitglieder sind auch meine Freunde.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wZus5. Ich arbeite gut mit meinen Gruppenmitgliedern zusammen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wZus6. Ich war heute bereit, einem Schüler zu helfen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wZus7. Meine Gruppenmitglieder mögen mich.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wZus8. Ich würde von den Schülern in meiner Gruppe Hilfe bekommen, wenn ich sie brauche.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Unterstützung durch Betreuer (engl. Teacher Support) (Skala wUnt)					
≈ Konstruktive Unterstützung (Skala Unt)					
<i>r(wUnt, Unt) = 0.72 Kreuzvalidierung: r(wUnt_{vorherges.}(Unt), wUnt_{tatsächl.}) = 0.75 // N = 106.</i>					
wUnt1. Der Betreuer war mir gegenüber offen und interessiert.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wUnt2. Der Betreuer scheute keine Mühen mir zu helfen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wUnt3. Der Betreuer ist einfühlsam.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wUnt4. Der Betreuer hilft, wenn man Probleme mit einer Aufgabe hat.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wUnt5. Der Betreuer hat mit mir gesprochen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wUnt6. Unser Betreuer hat mich ernst genommen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wUnt7. Unser Betreuer ist umhergegangen und hat uns geholfen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wUnt8. Die Fragen und Ausführungen des Betreuers haben mir geholfen, heute etwas zu lernen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Engagement in der Gruppe (engl. Involvement) (Skala wEnga)					
≈ Basic Needs: Autonomie- und Kompetenzerleben (Skala BNA & BNK)					
$r(wEnga, BNA BNK) = 0.70 0.54$ Kreuzvalidierung: $(wEnga_{vorherges. (BNA)}, wEnga_{tatsächl.}) = 0.74$ // $N = 106$.					
wEnga1. Ich konnte heute eigene Ideen einbringen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wEnga2. Ich konnte heute meine eigene Meinung äußern.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wEnga3. Der Betreuer hat mich heute etwas gefragt.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wEnga4. Der Betreuer ist auf meine Beiträge eingegangen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wEnga5. Ich habe den Betreuer etwas gefragt.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wEnga6. Ich habe heute anderen Teammitgliedern etwas erklärt.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wEnga7. Meine Gruppenmitglieder haben mit mir Lösungsansätze für die Aufgaben abgesprochen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wEnga8. Ich wurde heute gefragt, wie ich eine bestimmte Aufgabe lösen würde.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Forschendes Lernen (engl. Investigation) (Skala wFL)					
≈ Kognitive Aktivierung (Skala Aktiv)					
$r(wFL, Aktiv) = 0.74$ Kreuzvalidierung: $r(wFL_{vorherges. (Aktiv)}, wFL_{tatsächl.}) = 0.78$ // $N = 106$.					
wFL1. Ich habe meine eigenen Vermutungen heute experimentell überprüft.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFL2. Ich habe meine Ausführungen und Ergebnisse genau erklärt und begründet.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFL3. Ich konnte Experimente und Recherchen zu einem Thema durchführen, welches mich wirklich interessiert.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFL4. Ich habe heute Diagramme und Grafiken interpretiert.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFL5. Ich habe heute Experimente durchgeführt, um die Fragen zu beantworten zu können.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFL6. Ich habe die Lösungen zu den Aufgaben aufgrund der durchgeführten Experimente gefunden.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFL7. Ich habe die Lösungen zu den Aufgaben aufgrund der Informationen gefunden, die ich durch die durchgeführten Experimente erhalten habe.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Zielstrebigkeit (engl. Task Orientation)					
1. Getting a certain amount of work done is important to me.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
2. I do as much as I set out to do.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
3. I know the goals for this class.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
4. I am ready to start this class on time.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
5. I know what I am trying to accomplish in this class.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
6. I pay attention during this class.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
7. I try to understand the work in this class.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
8. I know how much work I have to do.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Kooperation (engl. Cooperation) (Skala wKoop)					
≈ Kommunikation (Skala Komm)					
$r(wKoop, Komm) = 0.56$ Kreuzvalidierung: $r(wKoop_{vorherges. (Komm)}, wKoop_{tatsächl.}) = 0.62$ // $N = 106$.					
wKoop1. Ich habe heute mit anderen zusammengearbeitet.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wKoop2. Ich habe meine Rechercheergebnisse mit anderen geteilt.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wKoop3. Wir haben heute richtig gutes Teamwork gezeigt.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wKoop4. Ich habe heute mit anderen Gruppenmitgliedern zusammengearbeitet.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wKoop5. Ich habe heute etwas von anderen Gruppenmitgliedern gelernt.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wKoop6. Ich habe heute mit anderen Gruppenmitgliedern kooperiert.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wKoop7. Meine Mitschüler haben mit mir zusammengearbeitet, um die Aufgaben zu lösen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Gerechtigkeit, Fairness durch Betreuer (engl. Equity) (Skala wFair)					
≈ Betreuer-Schüler-Beziehung (Handlungs- und Verhaltensbezogene Faktoren) (Skala LSBHV)					
$r(wFair, LSBHV) = 0.59$ Kreuzvalidierung: $r(wFair_{vorherges. (LSBHV)}, wFair_{tatsächl.}) = 0.75$ // $N = 106$.					
wFair1. Der Betreuer hat mir heute genauso viel Aufmerksamkeit geschenkt, wie meinen Mitschülern.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFair2. Ich habe heute genauso viel Hilfe von unserem Betreuer erhalten, wie andere Gruppenmitglieder.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFair3. Ich konnte genauso viel wie andere zur Diskussion beisteuern.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFair4. Der Betreuer hat uns alle gleich unterstützt und gefördert.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFair5. Ich habe von unserem Betreuer heute genauso viel Zuspruch und Ermutigung bekommen, wie alle anderen auch.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFair6. Ich konnte heute genauso viel beitragen, wie andere auch.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFair7. Ich wurde heute genauso viel gelobt, wie andere auch.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
wFair8. Ich hatte im gleichen Maße Gelegenheit auf Fragen zu antworten, wie jeder andere auch.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

WIHC scale	The extent to which...	Moos dimension
Zusammenhalt, Zusammengehörigkeit (Student Cohesiveness)	...students are friendly and supportive of each other.	Relationship
Unterstützung durch Betreuer (Teacher Support)	... the teacher helps, befriends, and is interested in students.	Relationship
Engagement innerhalb der Gruppe (Involvement)	... students have attentive interest, participate in class and are involved with other students in assessing the viability of new ideas.	Relationship
Forschendes Lernen (Investigation)	..there is emphasis on the skills and of inquiry and their use in problem-solving and investigation.	Personal growth
Zielstrebigkeit (Task Orientation)	... it is important to complete planned activities and stay on the subject matter.	Personal growth
Kooperation (Cooperation)	... students cooperate with each other during activities.	Personal growth
Gerechtigkeit, Fairness durch Betreuer (Equity)	... the teacher treats students equally, including distributing praise, question distribution and opportunities to be included in discussions.	System maintenance and change

Fragebogen (nach dem Experimentiertag)

Liebe Schülerin, lieber Schüler, mit diesem Fragebogen möchten wir Ihre Meinung über den Versuchstag erfahren. Es handelt sich **nicht** um eine Leistungskontrolle und Ihre Antworten bleiben **anonym**.

– Vielen Dank für Ihre Mithilfe! Das DeltaX-Team



1. Fragen zu ihrer Person

Geschlecht: <input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich	Alter: _____	Klassenstufe: _____	<input type="checkbox"/> Oberschule <input type="checkbox"/> Gymnasium <input type="checkbox"/> Berufsschule <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____	<i>falls zutreffend:</i> <input type="checkbox"/> Physik Leistungskurs <input type="checkbox"/> Physik Grundkurs <input type="checkbox"/> Neigungskurs:				
Geben Sie Ihre letzte Zeugnisnote in Physik an (bitte einkreisen):			1	2	3	4	5	6
Welche Physiknote werden Sie dieses Schuljahr schätzungsweise erreichen (bitte einkreisen)?			1	2	3	4	5	6

2. Berufsorientierung

Ich kann mir vorstellen, in den folgenden Berufsfeldern zu arbeiten:

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesellschaftlich-politischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Künstlerisch-musischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Philosophischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Handwerklicher Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sprachlicher Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technischer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sozialer Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Lieblingsfächer

Die folgenden Schulfächer machen mir – unabhängig vom Lehrer – Spaß:

	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt teils	stimmt eher	stimmt völlig
Deutsch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chemie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Englisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biologie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Physik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geschichte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mathematik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informatik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Wie beurteilen Sie die Gruppenarbeit heute?	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Es waren Freunde von mir in meiner Gruppe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war heute bereit, einem Schüler zu helfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, dazu zu gehören.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die heutigen Gruppenmitglieder sind auch meine Freunde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich arbeite gut mit meinen Gruppenmitgliedern zusammen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Meine Gruppenmitglieder mögen mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, dass meine Teammitglieder auf mich eingehen und mich verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin heute freundlich zu meinen Gruppenmitgliedern gewesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde von den Schülern in meiner Gruppe Hilfe bekommen, wenn ich sie brauche.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Leute, mit denen ich gearbeitet habe, mögen mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Atmosphäre im Team war freundschaftlich und entspannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kenne die Schüler in meiner Gruppe gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte den Eindruck, ernst genommen zu werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Wie beurteilen Sie die folgenden Aussagen?	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Ich habe meine eigenen Vermutungen heute experimentell überprüft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe meine Ausführungen und Ergebnisse genau erklärt und begründet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es gab Aufgaben, die etwas mit meinen Interessen oder meinen Erfahrungen im Alltag zu tun haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute Diagramme und Grafiken interpretiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe alle Experimente erfolgreich durchgeführt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe die Lösungen zu den Aufgaben aufgrund der durchgeführten Experimente gefunden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich heute mit eigenen Beiträgen am Gruppengespräch beteiligt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe die Lösungen zu den Aufgaben aufgrund der Informationen gefunden, die ich durch die durchgeführten Experimente erhalten habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte Experimente und Recherchen zu einem Thema durchführen, welches mich wirklich interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe immer konzentriert experimentiert und gearbeitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe anderen etwas erklärt und Rückmeldungen gegeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute Experimente durchgeführt, um die Fragen zu beantworten zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war den ganzen Experimentiertag über aktiv bei der Sache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Wie empfanden Sie die Unterstützung durch die Betreuer?	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Der Betreuer war mir gegenüber offen und interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Fragen und Ausführungen des Betreuers haben mir geholfen, heute etwas zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat viele besonders hilfreiche Denkanstöße gegeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hilft, wenn man Probleme mit einer Aufgabe hat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Hinweise und Rückmeldungen des Betreuers waren immer hilfreich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unser Betreuer ist umhergegangen und hat uns individuell geholfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unser Betreuer hat mich ernst genommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer ist einfühlsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fehler wurden von dem Betreuer nicht kritisiert, sondern als Lerngelegenheit betrachtet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat mit mir gesprochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer ist auf alle meine Fragen und Probleme eingegangen und hat mir sehr weitergeholfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer scheute keine Mühen mir zu helfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer stand jederzeit für Fragen zur Verfügung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Ihre Meinung zur Arbeit an den Stationen	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Ich konnte heute eigene Ideen einbringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe meine eigenen Ziele heute erreicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich wurde heute gefragt, wie ich eine bestimmte Aufgabe lösen würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei den Anleitungen wusste ich immer genau, was zu tun ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte meine Meinung und meine Ideen frei äußern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute anderen Teammitgliedern etwas erklärt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Meine Gruppenmitglieder haben mit mir Lösungsansätze für die Aufgaben abgesprochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, dass ich die an mich gestellten Herausforderungen erfüllen konnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer ist auf meine Beiträge eingegangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe den Betreuer etwas gefragt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während des Laborbesuchs konnte ich mich im Grunde so geben, wie ich bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte eigenständig bestimmen, wie ich vorgehe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte heute meine eigene Meinung in Diskussionen äußern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat mich heute etwas gefragt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte in meinem Team zum Vorankommen viel selbst beitragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Wie haben Sie die Kooperation heute empfunden?	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Ich habe heute mit anderen zusammengearbeitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe meine Rechercheergebnisse mit anderen geteilt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inhaltliche Fragen wurden so lange diskutiert, bis wir zu einem Ergebnis kamen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute mit anderen Gruppenmitgliedern zusammengearbeitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wir haben heute viel inhaltlich miteinander diskutiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Meine Mitschüler haben mit mir zusammengearbeitet, um die Aufgaben zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute mit anderen Gruppenmitgliedern kooperiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Diskussionen in unserem Team verliefen höchst effektiv.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wir haben heute richtig gutes Teamwork gezeigt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sämtliche Teammitglieder waren an den Diskussionen beteiligt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute etwas von anderen Gruppenmitgliedern gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Wie schätzen Sie den Betreuer / die Betreuerin ein?	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils teils	trifft eher zu	trifft zu
Der Betreuer hat mir heute genauso viel Aufmerksamkeit geschenkt, wie meinen Mitschülern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe heute genauso viel Hilfe von unserem Betreuer erhalten, wie andere Gruppenmitglieder.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat mich ernst genommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat uns alle gleich unterstützt und gefördert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat mir geholfen, wenn ich Probleme hatte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich wurde heute genauso viel gelobt, wie andere auch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte im gleichen Maße Gelegenheit auf Fragen zu antworten, wie jeder andere auch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Allgemeinen herrschte ein freundlicher Umgangston zwischen dem Betreuer und mir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe von unserem Betreuer heute genauso viel Zuspruch und Ermutigung bekommen, wie alle anderen auch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte heute genauso viel beitragen, wie andere auch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer respektierte mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte genauso viel wie andere zur Diskussion beisteuern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Betreuer hat uns alle gleich behandelt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geschafft! Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!

RATINGBOGEN

C1 ITEMSAMMLUNG DES RATINGBOGENS

1 Übersicht

KONSTRUKT	ITEMS
Kognitive Aktivierung	5
Konstruktive Unterstützung	5
Lernförderliches Klima	5
Klarheit	5
Kommunikationsengagement	4
Kommunikation	3
Σ	27

KONSTRUKT		
#	Kürzel	Facette
		Item
		Herkunft
		Beschreibung
HERKUNFT & EDITIERUNG		
Kürzel	Quelle	
DESI	Helmke, A., Helmke, T., Schrader, F.-W., & Wagner, W. (2007). Der Ratingbogen der DESI-Videostudie. Universität Koblenz-Landau, Campus Landau.	
IPN	Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (2004). Technischer Bericht zur Videostudie Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht." IPN-materialien.	
ELLv7.1	Helmke, A. (2015). Anhang: Appendix zum Bogen für Einblicknahmen in Lehr- und Lernsituationen (ELL), Version 7.1. In Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts (6th ed.). Seelze: Klett-Kallmeyer.	
EMUv6.0	Helmke, A., Helmke, T., Lenske, G., Pham, G., Praetorius, A., Schrader, F., & Ade-Thurrow, M. (2016). Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik und-entwicklung, (6.0). Retrieved from http://unterrichtsdiagnostik.org	
IBFM	Leist, S., Töpfer, T., Bardowiecks, S., Pietsch, M., & Tosana, S. (2010). Handbuch zum Unterrichtsbeobachtungsbogen der Schulinspektion Hamburg. Institut für Bildungsmonitoring. Retrieved from http://www.ems-netzwerk.de/uploads/Main/EMSE13_UB_Handbuch_komplett_DraftVersion210411.pdf	
angepasst	Wortlaut von Formulierung und Beschreibung wurden an Kontext Schülerlabor angepasst	
geändert	In Formulierung und Beschreibung geändertes Item	
Neu	Neu entwickeltes Item	

ITEM			SEQUENZ		
#	Kürzel	Facette	① Initiierung	② Arbeits- phase	③ Auswertung
Kognitive Aktivierung					
1	Aktiv1_R	Vorwissen	X		
2	Aktiv2_R	Lösungsansatz selbst entwickeln und überprüfen	X		
3	Aktiv3_R	Passung des Anforderungsniveaus	X	X	X
4	Aktiv4_R	Kognitives Niveau von Fragen	X		X
5	Aktiv5_R	Denkanstöße	X		X
Konstruktive Unterstützung					
6	Unt1_R	Präsenz		X	
7	Unt2_R	Sachlich-konstruktive Rückmeldungen		X	X
8	Unt3_R	Positiver Umgang mit Fehlern		X	X
9	Unt4_R	Heterogenität: Unterstützung von Leistungsschwachen		X	
10	Unt5_R	Heterogenität: Förderung von Leistungsstarken		X	
Lernfreundliches Klima					
11	Klima1_R	Höflicher Umgang vom Betreuer	X	X	X
12	Klima2_R	Rücksichtsvolles Schülerverhalten		X	X
13	Klima3_R	Respektvolles und herzliches Betreuer-Verhalten	X	X	X
14	Klima4_R	Prävention von Störungen	X	X	X
15	Klima5_R	Umgang mit Störungen	X	X	X
Klarheit					
16	Klar1_R	Inhaltliche Verständlichkeit von Anweisungen und Erklärungen	X	X	X
17	Klar2_R	Previews, Zusammenfassungen, Reviews; Hervorhebungen			X
18	Klar3_R	Transparente Anforderungen	X		
19	Klar4_R	Sprachliche Prägnanz	X		X
20	Klar5_R	Roter Faden	X		X
Kommunikations-Engagement					
21	KoEn1_R	Gemeinsame Ergebnissicherung			X
22	KoEn2_R	Lebensweltbezug	X		X
23	KoEn3_R	Anregung von Schüleräußerungen	X		X
24	KoEn4_R	Engagement und Enthusiasmus	X	X	X
Kommunikation					
25	Komm1_R	Betreuer-Schüler-Kommunikation	X		X
26	Komm2_R	Schüler-Schüler-Kommunikation		X	
27	Komm3_R	Aktive Kommunikation	X		X

2 Beschreibung der Items (Kodierung)

KOGNITIVE AKTIVIERUNG		
1	Aktiv1_R	<p>Vorwissen <i>Der Betreuer bezieht das Vorwissen der Schüler mit ein.</i> Neu, orientiert an DESI</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> → Trifft zu: aktiviert das Vorwissen; verknüpft es mit aktuellem Problem → Trifft eher zu: aktiviert das Vorwissen; verknüpft es nicht mit aktuellem Problem → Trifft eher nicht zu: setzt das Vorwissen der Schüler voraus, ohne sich danach erkundigt zu haben → Trifft nicht zu: geht nicht auf Vorwissen ein (keine verbale Nennung) <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorwissen geht über elementares Wissen und Kognitionen hinaus (z.B. Rechnen mit gebrochenen Zahlen (elementare Fähigkeit) vs. Kenntnis eines physikalischen Konzepts (Vorwissen))
2	Aktiv2_R	<p>Lösungsansatz selbst entwickeln und überprüfen <i>Der Betreuer regt die Schüler an, Lösungsansätze zu entwickeln und kritisch zu überprüfen.</i> Aus IPN (geändert)</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> → Trifft zu: Der Betreuer fordert die Schüler dazu auf, eigene Lösungsansätze zu entwickeln und im Verlauf zu überprüfen, ob der gewählte Lösungsweg zielbringend ist (z.B. Überlegt, ob man durch Ausprobieren tatsächlich den Zusammenhang herauskriegt.). → Trifft eher zu: Der Betreuer fordert die Schüler dazu auf, eigene Lösungsansätze zu entwickeln; keine Aufforderung zur Überprüfung. → Trifft eher nicht zu: Der Betreuer gibt mehrere Lösungsansätze vor und lässt Schüler für einen entscheiden. → Trifft nicht zu: Der Betreuer gibt den Lösungsansatz vor.
3	Aktiv3_R	<p>Passung des Anforderungsniveaus <i>Der Betreuer passt das Anforderungsniveau an den Eingangsvoraussetzungen der Zielgruppe an und ist in der Lage, das Niveau von Erklärungen individuell anzupassen.</i> Aus DESI (geändert)</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> → Trifft zu: Gute Passung; Schüler arbeiten mit; keine Zeichen für Über- oder Unterforderung; keine Hinweise auf Verständnisschwierigkeiten oder Langeweile; sehr seltene Rückfragen wegen Verständnisschwierigkeiten; zügiges, aber nicht zu hohes Unterrichtstempo → Trifft eher zu: seltene Zeichen für Über- oder Unterforderung → Trifft eher nicht zu: häufigere Zeichen für Über- oder Unterforderung → Trifft nicht zu: massive Zeichen für Über- oder Unterforderung; viele Hinweise, dass Schüler nicht mitkommen oder sich langweilen

		<p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schüler werden dort abgeholt, wo sie stehen; nicht unter- oder überfordert • Angemessen; weder zu schnell noch zu langsam; meist ist ein eher zügiges Unterrichtstempo, das die Schüler zur Mitarbeit anspricht, ohne sie zu überfordern • Beurteilt werden soll, ob die Betreuung im Hinblick auf Schwierigkeit und Tempo erfolgreich auf das Leistungs- und Fähigkeitsniveau der Schüler abgestimmt ist
4	Aktiv4_R	<p>Kognitives Niveau von Fragen</p> <p><i>Der Betreuer stellt kognitiv aktivierende Fragen.</i> Neu, orientiert an IPN</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <p>Der Betreuer stellt in der Sequenz mindestens eine...</p> <ul style="list-style-type: none"> → Trifft zu: <i>Deep-Reasoning-Frage</i>, auf die eine lange, nicht reproduzierte Antwort eines Schülers oder eine Diskussion folgt. Deep-Reasoning-Fragen erfordern Antworten, die Ursache-Wirkungszusammenhänge erläutern, Informationen beurteilen oder das Eintreten von Erwartungen erläutern. → Trifft eher zu: <i>Langantwort-Frage</i>, auf die eine lange, aber reproduzierte Antwort eines Schülers oder eine Diskussion folgt. → Trifft eher nicht zu: <i>Kurzantwort- oder Reproduktionsfrage</i>, auf die eine kurze oder reproduzierte Antwort eines Schülers folgt. → Trifft nicht zu: Die Fragen des Betreuers intendieren kein Lernen; zielen nicht einmal auf eine Wiederholung bereits gelernter Inhalte ab (z.B. organisatorische Fragen).
5	Aktiv5_R	<p>Denkanstöße</p> <p><i>Der Betreuer gibt Denkanstöße.</i> Aus IPN (angepasst)</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> → Trifft zu: Der Betreuer macht sehr häufig Äußerungen, die das Ziel haben, die Überlegungen der Schülerinnen und Schüler auf einen neuen Bereich zu erweitern. → Trifft eher zu: gelegentlich Denkanstöße → Trifft eher nicht zu: kaum Denkanstöße → Trifft nicht zu: nie Denkanstöße <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dieses Item bewertet, in welchem Maße der Betreuer Denkanstöße gibt. • Das heißt, inwiefern die Lehrperson den Schülerinnen und Schülern durch ihre Äußerungen einen Anlass gibt, ihre Überlegungen um einen Bereich zu erweitern oder in eine andere Richtung zu lenken.

KONSTRUKTIVE UNTERSTÜTZUNG		
6	Unt1_R	Präsenz <i>Der Betreuer geht herum und beobachtet.</i> Aus IPN (angepasst)
		Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4) <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: Der Betreuer geht während der gesamten Arbeitsphase herum und beobachtet die Arbeit der Schülerinnen und Schüler. Er steht dadurch den Lernenden jederzeit zur Verfügung. ➔ Trifft eher zu: häufige Präsenz, aber auch für kurzen Zeitraum nicht verfügbar ➔ Trifft eher nicht zu: gelegentliche Zeichen von Präsenz ➔ Trifft nicht zu: Betreuer geht nicht umher und wirkt abwesend
7	Unt2_R	Sachlich-konstruktive Rückmeldungen <i>Der Betreuer gibt sachlich konstruktive Rückmeldungen.</i> Aus IPN (angepasst)
		Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4) <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: Jede Rückmeldung, die der Betreuer den Schülern gibt, ist motivierend, zukunftsrichtend und hilft ihnen, ihr zukünftiges Vorgehen zu verbessern (z.B. Das ist ein guter Gedanke, aber zeichne dir doch einmal genau auf, wie die Magnetfeldlinien verlaufen.). ➔ Trifft eher zu: Mehr als die Hälfte der Rückmeldungen ist sachlich konstruktiv; Großteil ist korrigierend und zukunftsrichtend ➔ Trifft eher nicht zu: Weniger als die Hälfte der Rückmeldungen ist sachlich konstruktiv; Großteil hat keinen korrigierenden oder motivierenden Charakter ➔ Trifft nicht zu: keine sachlich konstruktiven Rückmeldungen <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dieses Item erfasst, inwieweit der Betreuer Rückmeldungen gibt, die den Schüler <i>motivieren</i> und ihm <i>die Möglichkeit geben, sein Vorgehen zu verbessern</i>. • Sachlich konstruktive Rückmeldungen zeichnen sich dadurch aus, dass sie sowohl korrigierende als auch zukunftsrichtende Hilfestellungen geben.
8	Unt3_R	Positiver Umgang mit Fehlern <i>Der Betreuer thematisiert Fehler in konstruktiver Weise, ohne abzuwerten und nutzt Fehler um Zusammenhänge zu verdeutlichen.</i> Aus DESI (angepasst)
		Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4) <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: konstruktiver (den Lernprozess anregender, unterstützender), motivierender (die Lernbereitschaft anregender) Umgang mit Fehlern ➔ Trifft eher zu: wohlwollender oder zumindest affektiv neutraler Umgang mit Fehlern, Vorkommen von Fehlern wird akzeptiert, Fehler werden aber nicht konstruktiv genutzt ➔ Trifft eher nicht zu: gelegentliche Anzeichen für negativen Umgang mit Fehlern ➔ Trifft nicht zu: Häufig negativer Umgang mit Fehlern; abschätzige Behandlung von Fehlern; reagiert tadelnd auf Fehler <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es ist darauf zu achten, wie der Betreuer vorgeht, wenn auf Fehler eingegangen wird.

9	Unt4_R	<p>Heterogenität: Unterstützung von Leistungsschwachen</p> <p><i>Der Betreuer unterstützt eher leistungsschwache Schüler durch Hilfestellung und zeigt Hilfsbereitschaft.</i></p> <p style="text-align: right;">Neu, orientiert an DESI</p> <hr/> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: der Betreuer bemerkt auftretende Schwierigkeiten, ohne dass sich Schüler melden; vermittelt den Stoff noch einmal anders; setzt Stütz- und Fördermaßnahmen ein ➔ Trifft eher zu: bemerkt auftretende Schwierigkeiten erst nach Meldung, klärt auftretende Schwierigkeiten ab, vermittelt den Stoff noch einmal anders, setzt Stütz- und Fördermaßnahmen ein ➔ Trifft eher nicht zu: geht gelegentlich noch einmal auf auftretende Schwierigkeiten ein, ohne allerdings wirkliches Verständnis beim Schüler hervorzurufen (Schüler arbeiten kurz weiter, wissen dann wieder nicht weiter) ➔ Trifft nicht zu: klärt auftretende Schwierigkeiten nicht ab; geht nicht auf Schwierigkeiten ein, setzt keine besonderen Maßnahmen ein; übergeht leistungsschwache Schüler und schleift sie mit <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hat der Betreuer eine Schwierigkeit bemerkt (schaut z.B. über die Schulter, sagt aber nichts) und entscheidet vorerst nicht einzuschreiten und auf eine Meldung zu warten, zählt dies auch als Trifft zu
10	Unt5_R	<p>Heterogenität: Förderung von Leistungsstarken</p> <p><i>Der Betreuer bringt weiterführende und auf Transfer abzielende Fragen und Aufgaben für leistungsstarke Schüler ein.</i></p> <p style="text-align: right;">Neu, orientiert an DESI</p> <hr/> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: der Betreuer bemerkt Schüler, die die Aufgabe schon gelöst haben und vergibt entsprechende Zusatzaufgaben und Aufträge ➔ Trifft eher zu: der Betreuer vergibt nach Rückmeldung von Schülern entsprechende Zusatzaufgaben und Aufträge ➔ Trifft eher nicht zu: der Betreuer bemerkt oder wird darauf hingewiesen, dass Schüler die Aufgaben schon gelöst haben, vergibt aber keine fachliche Aufgabe, sondern schlägt vor, sich in der Zwischenzeit anderweitig zu beschäftigen ➔ Trifft nicht zu: der Betreuer bemerkt nicht, dass Schüler die Aufgaben schon gelöst haben oder vergibt keine Aufgabe <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine Zusatzaufgabe (z.B. nach Spektren-Aufnahme von 3 LED's noch 2 weitere Spektren aufzunehmen) ist keine Gelegenheit, anspruchsvolle weiterführende Themen einzubringen und darzustellen

LERNFÖRDERLICHES KLIMA		
11	Klima1_R	<p>Höflicher Umgang vom Betreuer</p> <p><i>Der Betreuer verhält sich den Schülern gegenüber höflich und freundlich.</i> Aus ELLv7.1 (geändert)</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: Durchwegs freundlicher und höflicher Umgang ➔ Trifft eher zu: Überwiegend freundlich, gelegentlich abweisend ➔ Trifft eher nicht zu: Häufig abweisend, distanziert, wenig zugänglich ➔ Trifft nicht zu: Abweisend, distanziert, wenig zugänglich; herablassend
12	Klima2_R	<p>Rücksichtsvolles Schülerverhalten</p> <p><i>Die Schüler gingen freundlich und rücksichtsvoll miteinander um, halfen und unterstützten einander.</i> Aus ELLv7.1 (geändert)</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: Umgangston durch Freundlichkeit, Höflichkeit und Respekt untereinander gekennzeichnet; Schüler lassen sich ausreden; bei Fehlern wird nicht ausgelacht; gute Beiträge werden anerkannt ➔ Trifft eher zu: Überwiegend freundlicher Umgang, gelegentlich aber auch nicht ➔ Trifft eher nicht zu: meistens geringe Wertschätzung verbaler und nonverbaler Art; gelegentlich unterstützendes Verhalten untereinander ➔ Trifft nicht zu: geringe Wertschätzung; Beschimpfungen; Abgrenzung von anderen
13	Klima3_R	<p>Respektvolles und herzliches Betreuer-Verhalten</p> <p><i>Der Betreuer verhält sich den Schülern gegenüber einfühlsam, respektvoll, offenherzig und interessiert.</i> Aus DESI (geändert)</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: Durchwegs einfühlsamer und respektvoller Umgang; Zeichen von persönlichem Interesse, Wärme und Herzlichkeit ➔ Trifft eher zu: Überwiegend einfühlsam, interessiert und herzlich; gelegentlich abweisend usw., gelegentliche Zeichen geringen Respekts ➔ Trifft eher nicht zu: Häufig abweisend, distanziert, wenig zugänglich; aber gelegentliche Zeichen von Interesse, Wärme usw. ➔ Trifft nicht zu: wenig zugänglich; keinerlei Zeichen von Wärme, Herzlichkeit; rein sachbezogen; herablassend; Signale mangelnden Respekts; Herabsetzung, Gesten der Verächtlichmachung (z.B. wegwerfende Handbewegung) <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein freundlicher Umgang bedeutet nicht zwingend eine herzliche und respektvolle, von gegenseitigem Interesse geprägte Atmosphäre • Kumpelhaftes, joviales, anbiederndes Betreuer-Verhalten sind nicht Zeichen eines günstigen Sozialklimas oder von Wärme, Herzlichkeit, sondern eher Zeichen geringen Respekts

14	Klima4_R	<p>Prävention von Störungen <i>Der Betreuer trifft erkennbar Maßnahmen zur Prävention von Störungen und ist stets informiert, was unter den Schülern vorgeht (Allgegenwärtigkeit).</i></p> <p style="text-align: right;">Aus DESI (geändert)</p> <hr/> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: Der Betreuer ist stets informiert, was unter den Schülern vorgeht; beobachtet die Schüler eingehend; wirkt allgegenwärtig (geht umher); merkt, wenn Schüler sich nicht an Arbeitsanweisungen halten oder diese nicht befolgen und schaltet sich ein; sorgt für angemessene Lautstärke; identifiziert Störenfriede ➔ Trifft eher zu: meistens, gelegentlich aber auch nicht ➔ Trifft eher nicht zu: meistens nicht; gelegentlich aber schon ➔ Trifft nicht zu: nahezu alle Schüler arbeiten nicht an gestellter Aufgabe, schweifen ab oder unterhalten sich über private Dinge; unangemessene Lautstärke
15	Klima5_R	<p>Umgang mit Störungen <i>Wenn Störungen vorkommen, hat der Betreuer sie unter Kontrolle und geht angemessen mit ihnen um; reagiert effektiv und handelt nach dem Minimalprinzip.</i></p> <p style="text-align: right;">Aus DESI (geändert)</p> <hr/> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: der Betreuer reagiert effektiv und handelt nach dem Minimalprinzip (nur so intensiv eingreifen, dass Störungen unterbunden wird; Störungen nicht aufbauschen); z.B. setzt sich durch Blickkontakt oder kurzes Ansprechen mit potentiellen Störern in Verbindung; keine Fehleinschätzung ➔ Trifft eher zu: reagiert auf Störungen nach dem Minimalprinzip, aber nicht effektiv (zu spät); keine Fehleinschätzung ➔ Trifft eher nicht zu: reagiert nur auf größere Störungen; lässt viel durchgehen ➔ Trifft nicht zu: reagiert nicht auf Störungen bzw. wenn, dann unangemessen <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unangemessene Formen des Eingreifens bei Störungen sind z.B. Überreaktionen, zeitliche Fehleinschätzungen (falscher, ungünstiger Zeitpunkt) und Adressierungsfehler (Fehleinschätzung, wer die Störung verursacht).

KLARHEIT		
16	Klar1_R	<p>Inhaltliche Verständlichkeit von Anweisungen und Erklärungen <i>Arbeitsaufträge, Erklärungen, Impulse und Fragen sind klar, präzise und kohärent formuliert.</i> Aus DESI (geändert).</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: nahezu alle Ausführungen des Betreuers sind klar, verständlich, schlüssig, logisch stimmig, klar gegliedert und gut nachvollziehbar ➔ Trifft eher zu: meistens, aber gelegentlich auch nicht ➔ Trifft eher nicht zu: meistens nicht, aber gelegentlich doch ➔ Trifft nicht zu: Ausführungen des Betreuers sind fast nie klar, verständlich, schlüssig, logisch stimmig und gut nachvollziehbar; unverständliche Erläuterungen; widersprüchliche Darstellungen; schiefe Beispiele; Abschweifen: kommt vom Hundertsten ins Tausende <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein möglicher Indikator für Unklarheit ist, wenn Schüler häufig nachfragen oder der Betreuer die an Schüler gestellten Fragen selbst beantwortet • Nachfragen durch Schüler sind dann Indikator für mangelnde Klarheit, wenn sie mit unklaren, unverständlichen Aufgabenstellungen des Lehrers zu tun haben (selbst initiierte Fragen, mit denen Schüler neue Gesichtspunkte ansprechen, werden hierfür nicht berücksichtigt)
17	Klar2_R	<p>Struktur durch Previews, Zusammenfassungen, Reviews; Hervorhebungen <i>Der Betreuer gibt zu Beginn der Sequenz einen Überblick über den geplanten Verlauf, fasst am Ende das Wesentliche zusammen und formuliert zwischendurch Zusammenfassungen, Hervorhebungen bzw. aufmerksamkeitsregulierende Bemerkungen.</i> Aus DESI (angepasst)</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: zu allen drei Zeitpunkten (zu Beginn Preview, am Ende Zusammenfassung; zwischendurch Zusammenfassungen, Hervorhebungen, Merksätze) vorhanden ➔ Trifft eher zu: zu zwei Zeitpunkten vorhanden ➔ Trifft eher nicht zu: zu einem Zeitpunkt vorhanden ➔ Trifft nicht zu: zu keinem der drei Zeitpunkte vorhanden
18	Klar3_R	<p>Transparente Anforderungen <i>Der Betreuer vermittelt ein klares Erwartungsbild und gibt Zeitvorgaben und strukturierende Hinweise zum Arbeitsmaterial.</i> Neu, orientiert an EMUv6.0</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: der Betreuer vermittelt den Schülern ein klares Erwartungsbild; strukturierende Hinweise zum Arbeitsmaterial; konkrete Zeitvorgaben ➔ Trifft eher zu: nur zwei der oben genannten Merkmale ➔ Trifft eher nicht zu: nur eines der oben genannten Merkmale ➔ Trifft nicht zu: der Betreuer gibt weder Erwartungsbild, strukturierende Hinweise zum Arbeitsmaterial oder konkrete Zeitvorgaben

19	Klar4_R	<p>Sprachliche Prägnanz <i>Klare Diktion, vollständige, überschaubare, gut geplante Sätze, zusammenhängende und flüssige Formulierungen; der Betreuer versucht durch seine Sprache (Betonung usw.) deutlich zu machen, was ihm wesentlich ist; klare Artikulation.</i></p> <p>Aus DESI (angepasst).</p> <hr/> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: der Betreuer formuliert so gut wie immer vollständige, überschaubare, gut geplante und das Wesentliche zum Ausdruck bringende Sätze, hat klare Diktion, verwendet zusammenhängende und flüssige Formulierungen ➔ Trifft eher zu: überwiegend, aber gelegentlich auch nicht ➔ Trifft eher nicht zu: öfter nicht ➔ Trifft nicht zu: der Betreuer formuliert häufig unvollständige, schwer überschaubare Sätze, die das Wesentliche nur schwer erkennen lassen; Diktion ist unklar, unzusammenhängende, stockende Formulierungen; häufiges äh, häufige Füll- und Verlegenheitswörtern wie ok; unvollständige oder verworrene Sätze, Unsicherheitsfloskeln <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es geht hier nicht um den Inhalt, sondern ausschließlich um die sprachliche Darstellung. • Hervorhebung von wesentlichen Punkten: Es geht darum, ob der Betreuer mit der Sprache deutlich zu machen versucht, was ihm/ihr wesentlich erscheint. Ob das tatsächlich (nach Meinung des Raters) wesentlich ist, ist dabei irrelevant.
20	Klar5_R	<p>Roter Faden <i>Im Verlauf wird den Lernenden erläutert, wie bestimmte Sequenzen in den Zusammenhang passen und wie Sachverhalte inhaltlich zusammengehören. Der rote Faden wird transparent gemacht.</i></p> <p>Aus IPN (angepasst)</p> <hr/> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: Als Beobachter/Beobachterin habe ich den Eindruck, dass die Lehrkraft den roten Faden die gesamte Zeit über transparent hält. ➔ Trifft größtenteils zu: Als Beobachter/Beobachterin habe ich den Eindruck, dass die Lehrkraft den roten Faden die meiste Zeit über transparent hält. ➔ Trifft teilweise zu: Als Beobachter/Beobachterin habe ich nur selten den Eindruck, dass die Lehrkraft den roten Faden transparent hält. ➔ Trifft nicht zu: Als Beobachter/Beobachterin habe ich den Eindruck, dass die Lehrkraft den roten Faden nie transparent hält.

KOMMUNIKATIONS-ENGAGEMENT		
21	KoEn1_R	<p>Gemeinsame Ergebnissicherung <i>Der Betreuer fasst Ergebnisse gemeinsam mit den Schülern zusammen, betont, worauf es ankommt, hakt ggf. nach und achtet auf Vollständigkeit.</i></p> <p style="text-align: right;">Aus IPN (angepasst)</p> <hr/> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: Betreuer fasst im Gespräch alle Ergebnisse zusammen. Auch Schüler nehmen aktiv teil. Betreuer betont, worauf es ankommt, hakt ggf. nach und achtet auf Vollständigkeit. ➔ Trifft eher zu: eine Bedingung verletzt ➔ Trifft eher nicht zu: zwei Bedingungen verletzt ➔ Trifft nicht zu: mehr als zwei Bedingungen verletzt <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dieses Item erfasst, ob und in welchem Maße der Betreuer die Ergebnisse eines Lösungsweges <i>gemeinsam</i> mit den Schülern zusammenfasst und sicherstellt, dass die Schüler wirklich das Ergebnis sichern.
22	KoEn2_R	<p>Lebensweltbezug <i>Der Betreuer stellt gemeinsam mit Schülern Bezüge zur Lebenswelt der Schüler her.</i></p> <p style="text-align: right;">Aus DESI (geändert)</p> <hr/> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: Der Betreuer verwendet Aufgabenstellungen, Beispiele, Materialien usw., die der Lebenswelt der Schüler entstammen und behandelt Sachverhalte so, dass sie Alltagsrelevanz für die Schüler haben; bezieht Erfahrungshorizont der Schüler ein (Nachfragen); knüpft an vorhandene Interessen an ➔ Trifft eher zu: Betreuer bemüht sich stellenweise um Lebenswelt-bezogene Sachverhalte, Beispiele, usw.; Alltagsrelevanz wird nur angerissen bzw. keine Nachfragen ➔ Trifft eher nicht zu: Betreuer knüpft nur selten an Lebenswelt-bezogene Sachverhalte an ➔ Trifft nicht zu: Sequenz wirkt lebensfern, von der Lebenswirklichkeit abgehoben; lehrbuchhaft und künstlich
23	KoEn3_R	<p>Anregung von Schüleräußerungen <i>Der Betreuer ermutigt und regt Schüleräußerungen an / ermutigt Schüler zum Sprechen.</i></p> <p style="text-align: right;">Aus DESI (geändert)</p> <hr/> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: der Betreuer ermutigt häufig in überzeugender Weise; trifft den richtigen Ton; stellt offene Fragen; ermutigt zu Stellungnahmen ➔ Trifft eher zu: der Betreuer ermutigt, aber nicht immer in überzeugender Weise; trifft mitunter nicht den richtigen Ton ➔ Trifft eher nicht zu: gelegentliche Ermutigung; häufigere, aber eher mechanische und routinehafte Ermutigungen ➔ Trifft nicht zu: so gut wie keine Ermutigung; Starren in ahnungslose Schülersgesichter und anschließende Beantwortung der Frage durch den Betreuer ohne Schüleräußerung

		<p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hier geht es nicht zwingend um Anregung zum Verbalisieren eines Lösungsansatzes, sondern überhaupt um die <i>Ermutigung zum Sprechen</i>, auch zu Aufgaben-fremden Äußerungen, wie etwa eine Frage zum Plan eines Schülers nach dem Schulabschluss. • Es geht auch nicht um Rückmeldung, sondern um <i>Anregung</i> von Äußerungen.
24	KoEn4_R	<p>Engagement & Enthusiasmus</p> <p><i>Der Betreuer wirkt sehr stimulierend, tatkräftig und rege, innerlich beteiligt. Man hat den Eindruck, er liebt das Fach Physik. Die Betreuung macht offensichtlich Freude. Er gibt zu erkennen, dass er selbst an den Inhalten interessiert ist.</i></p> <p>Aus DESI (angepasst)</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Trifft zu: ausgeprägter Enthusiasmus; der Betreuer bringt seine positive Einstellung zum Fach deutlich zum Ausdruck ➔ Trifft eher zu: der Betreuer wirkt teilweise recht stimulierend; zeigt positive Einstellung und Interesse am Fach, ohne aber enthusiastisch zu wirken ➔ Trifft eher nicht zu: der Betreuer ist eher reserviert und zurückhaltend ➔ Trifft nicht zu: der Betreuer wirkt lustlos, innerlich wenig beteiligt, gelangweilt, routinehaft, uninteressiert, teilnahmslos, ablehnend

KOMMUNIKATION		
25	Komm1_R	Betreuer-Schüler-Kommunikation
		<i>Betreuer und Schüler kommunizieren miteinander.</i> Aus DESI (geändert)
<p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <p>→ Trifft zu: Die Sequenz besteht zu einem großen Teil aus Gesprächssituationen, in denen Betreuer und Schüler wie im Alltag miteinander kommunizieren und Dialoge führen. Der Betreuer nimmt dabei nicht die Lehrerrolle ein, sondern agiert wie ein Kommunikationspartner auf gleicher Stufe. Ausgeglichener Anteil beider Parteien.</p> <p>→ Trifft eher zu: häufigere und/oder längere Gesprächssituationen.</p> <p>→ Trifft eher nicht zu: nur wenige Gesprächssituationen</p> <p>→ Trifft nicht zu: so gut wie keine Gesprächssituationen. Monolog.</p> <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es muss dabei nicht unbedingt um Fragen gehen, die in der Lebenswelt der Schüler eine Rolle spielen. • Die Gesprächssituationen können auch vorbereitet sein. 		
26	Komm2_R	Schüler-Schüler-Kommunikation
		<i>Die Schüler kommunizieren untereinander.</i> Neu, orientiert an DESI
<p style="color: #f4a460;">Schüler-Schüler-Gespräche</p> <p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <p>→ Trifft zu: Die Sequenz besteht zu einem großen Teil aus Gesprächssituationen, in denen Schüler untereinander wie im Alltag miteinander kommunizieren und Dialoge führen. Der Betreuer nimmt dabei nicht die Lehrerrolle ein, sondern agiert wie ein Kommunikationspartner auf gleicher Stufe. Ausgeglichener Anteil beider Parteien.</p> <p>→ Trifft eher zu: häufigere und/oder längere Gesprächssituationen.</p> <p>→ Trifft eher nicht zu: nur wenige Gesprächssituationen</p> <p>→ Trifft nicht zu: so gut wie keine Gesprächssituationen. Schüler hören zu bzw. Monologe.</p> <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es muss dabei nicht unbedingt um Fragen gehen, die in der Lebenswelt der Schüler eine Rolle spielen. • Die Gesprächssituationen können auch vorbereitet sein. 		
27	Komm3_R	Aktive Kommunikation
		<i>Alle Schüler bzw. Schülergruppen beteiligen sich am Gespräch.</i> Neu
<p>Ausprägung: Trifft nicht zu (1) Trifft eher nicht zu (2) Trifft eher zu (3) Trifft zu (4)</p> <p>→ Trifft zu: Aus jeder Klein-Gruppen, bestehend aus 2-3 Schülern, beteiligt sich regelmäßig mind. ein Schüler an dem Gespräch.</p> <p>→ Trifft eher zu: Ca. die Hälfte der Gruppen beteiligt sich.</p> <p>→ Trifft eher nicht zu: Nur ein Schüler / Gruppe beteiligt sich.</p> <p>→ Trifft nicht zu: Lediglich Kurzantworten, es kommt kein Gespräch zustande.</p>		

C2 RATINGBOGEN ZUR ERFASSUNG DER BETREUNGSQUALITÄT

RATINGBOGEN ZUR BETREUNGSQUALITÄT						
Betreuer/-in	Schüler/-innen in Gruppe			Klassenstufe	Beobachter/-in	Datum
.....	♀	♂	Σ

BEOBACHTETE PHASE UND SEQUENZIERUNG			
Bei der zu beobachtenden Phase des Experimentiertags Radioaktivität und Strahlung handelt es sich um folgende Aufgabe:	A	Jährliche Strahlenbelastung und Radioaktivität im Alltag aus der Station <i>Umweltradioaktivität</i>	<input type="checkbox"/>
	B	Nulleffekt & Abstandsgesetz aus der Station <i>Eigenschaften ionisierender Strahlung</i>	<input type="checkbox"/>
Die Phase gliedert sich in drei Sequenzen:	① Initiierung der Aufgabe	② Arbeitsphase	③ Auswertung
Dauer in Minuten:
	Σ		

① INITIIERUNG DER AUFGABE			Beginn:	Ende:	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht beurteilbar
		 Uhr Uhr					
Kognitive Aktivierung	1.1	Vorwissen: keine Nennung / setzt voraus / Aktiv / Aktiv + Verkn.	1	2	3	4	X		
	1.2	Eig. Lösungsansätze: gibt vor / gibt mehrere vor / Aufforderung / + Überprüfung	1	2	3	4	X		
	1.3	keinerlei Über-/Unterforderung	1	2	3	4	X		
	1.4	Frage: sonst / kurz / lang / deep (mind. 1)	1	2	3	4	X		
	1.5	Denkanstöße: nie / kaum / gelegentlich / häufig	1	2	3	4	X		
Lernfreundliches Klima	1.6	Betreuer > Schüler: immer höflich	1	2	3	4	X		
	1.7	Betreuer > Schüler: immer herzlich + einfühlsam	1	2	3	4	X		
	1.8	Prävention von Störungen: Allgegenwärtig und intervenierend	1	2	3	4	X		
	1.9	Störung: bemerkt + effektiv + minimal	1	2	3	4	X		
Klarheit	1.10	Formulierungen immer klar, kohärent, präzise	1	2	3	4	X		
	1.11	Arbeitsaufträge: klares Erwartungsbild + strukturierend + Zeit	1	2	3	4	X		
	1.12	Sprache: deutlich / fließend / vollständig / Betonungen	1	2	3	4	X		
Komm.-Eng.	1.13	Roter Faden: nie / selten / meistens / immer	1	2	3	4	X		
	1.14	Lebensweltbezug + Alltagsrelevanz + Nachfragen, ob relevant	1	2	3	4	X		
	1.15	Anregung von Schüleräußerungen (viele Schüler)	1	2	3	4	X		
Komm.	1.16	Enthusiasmus an Physik und Betreuung / offenes Interesse	1	2	3	4	X		
	1.17	Betreuer-Schüler-Gespräche (gleicher Anteil)	1	2	3	4	X		
	1.18	Alle Schülerteams beteiligt	1	2	3	4	X		

② ARBEITSPHASE			Beginn:	Ende:	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht beurteilbar
		 : :					
			Uhr	Uhr					
Kogn. Akt.	2.1	keinerlei Über-/Unterforderung			1	2	3	4	X
Konstruktive Unterstützung	2.2	Präsenz: nie / gelegentlich / häufig / geht herum, beobachtet, steht zur Verfügung			1	2	3	4	X
	2.3	Rückmeldung: konstruktiv (Zukunft od. motivierend) - Häufigkeit			1	2	3	4	X
	2.4	Fehler: neg. / leicht neg. / akzep. / konstruktiv			1	2	3	4	X
	2.5	Heterogenität Schwach: bemerkt + geholfen			1	2	3	4	X
	2.6	Heterogenität Stark: Bemerkt + fachl. Zusatz			1	2	3	4	X
Lernfreundliches Klima	2.7	Betreuer > Schüler: immer höflich			1	2	3	4	X
	2.8	Peer: immer höflich und respektvoll			1	2	3	4	X
	2.9	Betreuer > Schüler: immer herzlich + einfühlsam			1	2	3	4	X
	2.10	Prävention von Störungen: Allgegenwärtig und intervenierend			1	2	3	4	X
	2.11	Störung: bemerkt + effektiv + minimal			1	2	3	4	X
Klar	2.12	Formulierungen immer klar, kohärent, präzise			1	2	3	4	X
KoEn	2.13	Enthusiasmus an Physik und Betreuung / offenes Interesse			1	2	3	4	X
Komm	2.14	Schüler-Schüler-Gespräche			1	2	3	4	X

③ AUSWERTUNG			Beginn:	Ende:	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht beurteilbar
		 : :					
			Uhr	Uhr					
Kogn. Akt.	3.1	keinerlei Über-/Unterforderung			1	2	3	4	X
	3.2	Frage: sonst / kurz / lang / deep (mind. 1)			1	2	3	4	X
	3.3	Denkanstöße: nie / kaum / gelegentlich / häufig			1	2	3	4	X
Konstr. Unt.	3.4	Rückmeldung: konstruktiv (Zukunft od. motivierend) - proz. Anteil			1	2	3	4	X
	3.5	Fehler: neg. / leicht neg. / akzep. / konstruktiv			1	2	3	4	X
Lernfreundliches Klima	3.6	Betreuer > Schüler: immer höflich			1	2	3	4	X
	3.7	Peer: immer höflich und respektvoll			1	2	3	4	X
	3.8	Betreuer > Schüler: immer herzlich + einfühlsam			1	2	3	4	X
	3.9	Prävention von Störungen: Allgegenwärtig und intervenierend			1	2	3	4	X
	3.11	Störung: bemerkt + effektiv + minimal			1	2	3	4	X
Klarheit	3.12	Formulierungen immer klar, kohärent, präzise			1	2	3	4	X
	3.13	Struktur: Previews / Reviews / Hervorhebungen			1	2	3	4	X
	3.14	Sprache: deutlich / fließend / vollständig / Betonungen			1	2	3	4	X
	3.15	Roter Faden: nie / selten / meistens / immer			1	2	3	4	X
Komm.-Eng.	3.16	Zusammenfassung / betont wichtiges / Nachhaken / vollständig?			1	2	3	4	X
	3.17	Lebensweltbezug + Alltagsrelevanz + Nachfragen, ob relevant			1	2	3	4	X
	3.18	Anregung von Schüleräußerungen (viele Schüler)			1	2	3	4	X
	3.19	Enthusiasmus an Physik und Betreuung / offenes Interesse			1	2	3	4	X
Komm	3.20	Betreuer-Schüler-Gespräche (gleicher Anteil)			1	2	3	4	X
	3.21	Alle Schüler beteiligt			1	2	3	4	X

VERZEICHNISSE & ABSPANN

LITERATURVERZEICHNIS

- Astleitner, H. & Katstaller, M. (2014). Qualitätskriterien für den Unterricht. *PADUA*, 9(2), 84–91. Zugriff unter <http://econtent.hogrefe.com/doi/abs/10.1024/1861-6186/a000171>
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Barton, K. (2018). *R-Package MuMIn (Multi-Model Inference)*. Zugriff unter <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/MuMIn.pdf>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2014). Fitting Linear Mixed-Effects Models using lme4. (1). doi:10.18637/jss.v067.i01. arXiv: 1406.5823
- Bauer, K.-O. (2005). *Pädagogische Basiskompetenzen: Theorie und Training*. Weinheim und München: Juventa Verlag.
- Baumert, J. (1992). Koedukation oder Geschlechtertrennung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38(1), 83–110.
- Baumert, J., Bos, W., Brockmann, J., Gruehn, S., Klieme, E., Köller, O., ... Watermann, R. (2000). *TIMSS/III - Deutschland. Der Abschlussbericht*. Berlin.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. doi:10.1007/s11618-006-0165-2
- Beckmann, R. & Klaus, A. (2016). Der Arbeitsmarkt in Deutschland - Fachkräftengpassanalyse. *Bundesagentur für Arbeit*, 1–34. Zugriff unter <https://statistik.arbeitsagentur.de/>
- Belland, B. (2011). Distributed Cognition as a Lens to Understand the Effects of Scaffolds: The Role of Transfer of Responsibility. doi:10.1007/s10648-011-9176-5
- Belland, B. (2014). Scaffolding: Definition, Current Debates, and Future Directions. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Hrsg.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (S. 505–518). doi:10.1007/978-1-4614-3185-5_39
- Benjamini, Y. & Hochberg, Y. (1995). Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. *Journal of the Royal Statistical Society - Series B (Methodological)*, 57(1), 289–300.
- Berridge, D. & Crouchley, R. (2011). *Multivariate Generalized Linear Mixed Models Using R* (1. Aufl.). doi:10.1201/b10850
- Berridge, D., Crouchley, R. & Grose, D. (2017). A new R-based statistical software package for fitting multivariate generalized linear mixed models to large and complex datasets. *International Journal of Population Data Science*, 1(1). doi:10.23889/ijpds.v1i1.355
- BfS. (2017). *Strahlung und Strahlenschutz*. Salzgitter: Bundesamt für Strahlenschutz.
- Bong, M. & Skaalvik, E. M. (2003). Academic Self-Concept and Self-Efficacy: How Different Are They Really? *Educational Psychology Review*, 15(1). Zugriff unter https://bmri.korea.ac.kr/file/board_data/publications/1277277024_1.pdf

- Borich, G. D. (2010). *Observation Skills for Effective Teaching* (6. Aufl.). London: Pearson.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Brandt, A. (2005). *Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors*. Göttingen: Cuvillier Verlag.
- Breker, T. A. (2015). *Mindset - Wie können Lehrkräfte Erkenntnisse aus der sozial-kognitiven Psychologie nutzen, um die Potenzialentfaltung von Schülerinnen und Schülern zu fördern?* (Dissertation, Europa-Universität Viadrina Frankfurt).
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte: Zur Psychologie des professionellen Wissens* (D. H. Rost, Hrsg.). Münster: Waxmann.
- Brophy, J. (2000). *Teaching. Educational Practices Series, Bd. 1*. Brüssel: International Academy of Education.
- Cauet, E., Liepertz, S., Kirschner, S., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2014). Professionswissen von Physiklehrkräften und Schülerleistung. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Jahrestagung in München 2013* (S. 141–143). Kiel: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2. Aufl.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, J. (1992). A power primer. doi:[10.1037/0033-2909.112.1.155](https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155)
- Cornelius-White, J. (2007). Learner-Centered Teacher-Student Relationships Are Effective: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 77(1), 113–143. Zugriff unter <https://www.jstor.org/stable/4624889>
- Cors, R. (2016). *Informal Science Learning: An investigation of how novelty and motivation affect interest development at a mobile laboratory* (Diss.).
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78.
- Dietzsch, F. (2012). *Kreuzvalidierung* (Seminararbeit, Universität Leipzig). Zugriff unter <http://sat.tropos.de/files/Kreuzvalidierung.pdf>
- Ditton, H. (1998). *Mehrebenenanalyse: Grundlagen und Anwendungen des Hierarchisch Linearen Modells*. Weinheim und München: Juventa Verlag.
- Ditton, H. (2001). DFG-Projekt Qualität von Schule und Unterricht: QuaSSU Skalenbildung Hauptuntersuchung. Zugriff 4. August 2015 unter http://www.quassu.net/SKALEN_1.pdf
- Domjahn, J. (2013). Bedingungen der Interessensentwicklung im Physikunterricht. *Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1–4.
- Dorman, J. P. (2003). Cross-national validation of the WIHIC-Questionnaire using confirmatory factor analysis. *Learning Environments Research*, 6, 231–245.

- Drexl, D. (2014). Professionelle Handlungskompetenz von Lehrpersonen. In *Qualität im Grundschulunterricht* (S. 65–79). doi:[10.1007/978-3-658-03666-9](https://doi.org/10.1007/978-3-658-03666-9)
- Duit, R. (2010). PIKO-Briefe. Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst. *Physik im Kontext. Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*, 98.
- Duit, R., Hepp, R. & Rincke, K. (2013). Guter Frontalunterricht. *Unterricht Physik*, 135/136, 100–107.
- Dziak, J. J., Lanza, S. T. & Tan, X. (2014). Effect Size, Statistical Power and Sample Size Requirements for the Bootstrap Likelihood Ratio Test in Latent Class Analysis. *Structural equation modeling : a multidisciplinary journal*, 21(4), 534–552. doi:[10.1080/10705511.2014.919819](https://doi.org/10.1080/10705511.2014.919819)
- Elsholz, M., Fried, S. & Trefzger, T. (2014). Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Jahrestagung in München 2013* (S. 564–566). Kiel: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Zugriff unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/561>
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Euler, M. (2010). Schülerlabore : Lernen durch Forschen und Entwickeln. *Physikdidaktik / Theorie und Praxis*, 799–818. doi:[10.1007/978-3-642-41745-0](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41745-0). arXiv: [0809069v1](https://arxiv.org/abs/0809069v1) [arXiv:gr-qc]
- Euler, M., Schüttler, T. & Hausmann, D. (2015). Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (3. Aufl., Kap. 27, S. 759–781). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Fischer, H. E. & Krabbe, H. (2015). Empirische Forschung in der Physikdidaktik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (3. Aufl., Kap. 25, S. 727–757). Springer-Lehrbuch. doi:[10.1007/978-3-642-41745-0_25](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41745-0_25)
- Fischler, H. (2015). Aus- und Fortbildung von Physiklehrkräften. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 681–704). Springer-Lehrbuch. doi:[10.1007/978-3-642-41745-0](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41745-0)
- Forschendes-Lernen.net. (2018). Forschendes Lernen. Zugriff 24. März 2018 unter <http://www.forschendes-lernen.net/index.php/was-ist-forschendes-lernen.html>
- Fox, J., Nie, Z. & Byrnes, J. (2017). sem: Structural Equation Models. Zugriff unter <https://cran.r-project.org/package=sem>
- Fraser, B. J. (1998). Classroom environment instruments: Development, validity, and applications. *Learning Environments Research*, 1, 7–33.
- Fried, L. (2003). Pädagogisches Professionswissen als Form und Medium der Lehrerbildungskommunikation - empirische Suchbewegungen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 49(1), 112–126.
- Fried, S., Elsholz, M. & Trefzger, T. (2014). Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor – Der Erwerb physikdidaktischer Kompetenzen im Lehr-Lern-Labor. Zugriff unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/561>

- Fruböse, C. (2010). Der ungeliebte Physikunterricht. *MNU*, 63(7), 388–392. Zugriff unter <http://sowiport.gesis.org/search/id/fis-bildung-921879>
- Gedigk, K. (2015). Interessenentwicklung Jugendlicher an (Teilchen-)Physik durch die Teilnahme an einer Teilchphysik-Masterclass in der Schule. Dresden.
- Gedigk, K., Pospiech, G. & Kobel, M. (2014). Interessenentwicklung Jugendlicher durch Teilchenphysik-Masterclasses. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (Bd. 34, S. 348–350). Kiel: IPN Kiel.
- George, D. & Mallery, P. (2002). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference* (4. Aufl.). Boston: Allyn und Bacon.
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Zugriff unter <http://d-nb.info/1019666528/>
- Goddard, R. D. & Skrla, L. (2006). The Influence of School Social Composition on Teachers' Collective Efficacy Beliefs. *Educational Administration Quarterly*, 42(2), 216–235. doi:[10.1177/0013161X05285984](https://doi.org/10.1177/0013161X05285984)
- Gold, A. (2015). *Guter Unterricht: Was wir wirklich darüber wissen* (1. Aufl.). Vandenhoeck & Ruprecht.
- Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion. In *Studien zum Physik- und Chemielernen; 181*. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. 19, 7–30.
- Grehn, J. & Krause, J. (2007). *Metzler Physik Schülerband SII*. Schroedel GmbH.
- Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte* (Dissertation, Humboldt Universität zu Berlin).
- Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. (2009). *Halliday Physik* (2. Aufl.). Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Hallstein, L. (1993). Burning out: A framework. In W. Schaufeli, C. Maslach & T. Marek (Hrsg.), *Series in applied psychology: Social issues and questions. Professional burnout: Recent developments in theory and research* (S. 95–113). Philadelphia: Taylor & Francis. Zugriff unter <http://psycnet.apa.org/record/1993-97794-006>
- Hartig, J. & Bechtoldt, M. (2002). Hierarchisch Lineare Modelle. Amsterdam: Universität von Amsterdam. Zugriff unter http://user.uni-frankfurt.de/~johartig/hlm/HLM_Muenster.pdf
- Hascher, T. (2012). Forschung zur Bedeutung von Schul- und Unterrichtspraktika in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 30(1), 87–98. Zugriff unter https://www.pedocs.de/volltexte/2017/13805/pdf/BZL_2012_1_87_98.pdf
- Hatano, G. & Inagaki, K. (1986). Two Courses of Expertise. In H. W. Stevenson, H. Azuma & K. Hakuta (Hrsg.), *A series of books in psychology. Child development and education in Japan* (S. 262–272). New York: Times Books. Zugriff unter <https://pdfs.semanticscholar.org/>

- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. (1. Aufl.). London: Routledge.
- 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*, 6(LernortLabor), 324–330.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften.
- Heinicke, S. (2014a). Die Erforschung der Radioaktivität – eine „geheimnisvolle Wissenschaft“. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 25(141/142).
- Heinicke, S. (2014b). *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik* (S. Heinicke, Hrsg.). Velber: Friedrich Verlag.
- Heinicke, S. (2014c). Radioaktivität entsteht, wenn man Strom herstellt. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 25(141/142).
- Heinicke, S. (2014d). Was ist denn jetzt das richtige Ergebnis? *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 25(141/142).
- Helmke, A. (2014). Was wissen wir über guten Unterricht? *PADUA*, 9(2), 66–74. doi:[10.1024/1861-6186/a000169](https://doi.org/10.1024/1861-6186/a000169)
- Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (6. Aufl.). Seelze: Klett Kallmeyer.
- Helmke, A., Helmke, T., Lenske, G., Pham, G., Praetorius, A.-K., Schrader, F.-W. & Ade-Thurow, M. (2015a). Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik und -entwicklung (Version 5.1). Zugriff unter <https://www.unterrichtsdiagnostik.org>
- Helmke, A., Helmke, T., Lenske, G., Pham, G., Praetorius, A.-K., Schrader, F.-W. & Ade-Thurow, M. (2015b). Gegenstandsbereich der Unterrichtsdiagnostik - FAQs zu Merkmalen der Unterrichtsqualität, 1–12.
- Helmke, A., Helmke, T., Lenske, G., Pham, G., Praetorius, A.-K., Schrader, F.-W. & Ade-Thurow, M. (2016). Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik und -entwicklung (Version 6.0). Zugriff unter <https://www.unterrichtsdiagnostik.org>
- Helmke, A., Helmke, T., Schrader, F.-W. & Wagner, W. (2007). Der Ratingbogen der DESI-Videostudie. Universität Koblenz-Landau, Campus Landau.
- Hemmerich, W. A. (2018). MatheGuru.com. Zugriff 30. Juni 2018 unter <https://matheguru.com/>
- Hidi, S. & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127. doi:[10.1207/s15326985ep4102_4](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4)
- Hilscher, H. (1996). *Kernphysik: mit 10 Übungsaufgaben*. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
- Hlavac, M. (2018). stargazer: Well-Formatted Regression and Summary Statistics Tables. R package version 5.2.2. Zugriff unter <https://cran.r-project.org/package=stargazer>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner,

- Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. doi:[10.1080/00461520701263368](https://doi.org/10.1080/00461520701263368)
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *IPN-Interessenstudie*. Kiel: IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften.
- Hox, J. (2002). *Multilevel analysis: Techniques and applications*. doi:[10.1002/9780470024737](https://doi.org/10.1002/9780470024737)
- Huwer, J. (2015). *Forschendes Experimentieren im Kontext einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung* (Dissertation, Universität des Saarlandes).
- Itzek-Greulich, H. (2014). *Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht* (Dissertation, Universität Tübingen).
- Jerusalem, M. & Satow, L. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung (WIRKSCHUL). In M. Jerusalem & R. Schwarzer (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen*. Berlin.
- Johnson, P. C. (2014). Extension of Nakagawa & Schielzeths R2GLMM to random slopes models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(9), 944–946. doi:[10.1111/2041-210X.12225](https://doi.org/10.1111/2041-210X.12225)
- Kaiser, H. F. & Rice, J. (1974). Little Jiffy, Mark IV. *Educational and Psychological Measurement*, 34, 11–117.
- Kanning, U. (2009). *Inventar sozialer Kompetenzen (ISK)*. Göttingen: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG.
- Kemna, P. W. (2012). *Messung pädagogischer Basiskompetenzen von Lehrerinnen und Lehrern*. Münster: Waxmann Verlag.
- Kenny, D. A. (2015). Measuring Model Fit. Zugriff unter <http://davidakenny.net/cm/fit.htm>
- Kessels, U., Hannover, B., Rau, M. & Schirner, S. (2002). Ist die Physik reif für eine Image-Kampagne? *Physik Journal*, 11, 65–70.
- Kessels, U., Rau, M. & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. *British Journal of Educational Psychology*, 76(4), 761–780. doi:[10.1348/000709905X59961](https://doi.org/10.1348/000709905X59961)
- Kiesling, K. & Friege, G. (2014). Das strahlende Klassenzimmer - Schülerexperimente zur Radioaktivität für die Sekundarstufe I. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 25(141/142).
- Kleickmann, T. (2012). Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. IPN Kiel. Zugriff unter http://sinus-angrundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Kleickmann.pdf
- Kliebisch, U., Basten, K. & Schmitz, P. (2000). *Effektiv miteinander sprechen*. Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Klieme, E., Lipowsky, F. & Rakoczy, K. (2006). Qualitätsdimensionen und Wirksamkeit von Mathematikunterricht. Theoretische Grundlagen und ausgewählte Ergebnisse des Projekts Pythagoras. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 127–146). Münster: Waxmann.
- Klieme, E., Schümer, G. & Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: Aufgabenkultur und Unterrichtsgestaltung. In Bundesministerium

- für Bildung und Forschung (Hrsg.), *TIMSS - Impulse für Schule und Unterricht* (S. 43–57). Bonn: Medienhaus Biering.
- Klopp, E. (2010). Explorative Faktorenanalyse. *PsyDok*. Zugriff unter <http://hdl.handle.net/20.500.11780/3369>
- Klusmann, U., Kunter, M., Trautwein, U., Lüdtke, O. & Baumert, J. (2008). Teachers' Occupational Well-Being and Quality of Instruction: The Important Role of Self-Regulatory Patterns. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 702–715. doi:10.1037/0022-0663.100.3.702
- KMK. (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschlüsse der KMK vom 16.12.2004. Bonn.
- Kobarg, M., Prenzel, M. & Schwindt, K. (2012). Stand der empirischen Unterrichtsforschung zum Unterrichtsgespräch im naturwissenschaftlichen Unterricht. In M. Becker-Mrotzek (Hrsg.), *Deutschunterricht in Theorie und Praxis. Band 3: Mündliche Kommunikation und Gesprächsdidaktik* (S. 408–426). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- 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.
- Kopp, J. & Lois, D. (2014). *Sozialwissenschaftliche Datenanalyse* (2. Aufl.). doi:10.1017/CBO9781107415324.004. arXiv: arXiv:1011.1669v3
- Krapp, A. (1992). Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogisch-psychologischen Interessenforschung* (S. 297–329). Aschendorff.
- Krapp, A. (1998). Interesse. In H. D. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 213–218). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Krapp, A. (1999). Intrinsische Lernmotivation und Interesse: Forschungsansätze und konzeptuelle Überlegungen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45(3), 387–406.
- Krapp, A. (2003). Interest and human development: An educational-psychological perspective. In *Development and Motivation* (S. 57–84). The British Psychological Society.
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction*, 15, 381–395.
- Krause, E. (2014). Analogien im Physikunterricht -Warum Analogien in der Physik mehr sind als nur allgemeine heuristische Prinzipien. *Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Zugriff unter <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/viewFile/530/678>
- Kreft, I. & De Leeuw, J. (1999). Introducing Multilevel Modeling. *Journal of the American Statistical Association*, 94(447). doi:10.2307/2670020
- Krofta, H., Fandrich, J. & Nordmeier, V. (2013). Fördern Praxisseminare im Schülerlabor das Professionswissen und einen reflexiven Habitus bei Lehramtsstudierenden ? *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1–7.
- Krüger, M. (2015). Bewertung von Unterrichtsqualität Schulart- und lehrkraftspezifische Unterschiede. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität -*

- Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Jahrestagung in Bremen 2014* (S. 127–129). Kiel: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- Kuckartz, U., Rädiker, S., Ebert, T. & Schehl, J. (2013). *Statistik: Eine verständliche Einführung*. doi:10.1007/978-3-531-19890-3. arXiv: 9809069v1 [arXiv:gr-qc]
- Kuhn, J. (2010). *Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht*. Wiesbaden.
- Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht. *PdN-PhiS*, 5(59), 3–6.
- Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2012). ProfiLe-P–Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik. Vorstellung eines Forschungsverbundes. *Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Zugriff unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/380>
- Kunter, M. (2011). Motivation als Teil der professionellen Kompetenz - Forschungsbefunde zum Enthusiasmus von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften- Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 259–275). Münster: Waxmann Verlag.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- Kunter, M. & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 261–281). Springer-Lehrbuch. doi:10.1007/978-3-642-41291-2
- Labudde, P. (2000). *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II*. Bern: Paul Haupt Verlag.
- Langer, W. (2004). *Mehrebenenanalyse: Eine Einführung für Forschung und Praxis*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Langer, W. (2009). *Mehrebenenanalyse. Eine Einführung für Forschung und Praxis* (2. Aufl.). doi:10.1007/978-3-531-91779-5
- Lazonder, A. W. (2014). Inquiry Learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Hrsg.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (S. 453–464). doi:10.1007/978-1-4614-3185-5_36
- Leist, S., Töpfer, T., Bardowiecks, S., Pietsch, M. & Tosana, S. (2010). *Handbuch zum Unterrichtsbeobachtungsbogen der Schulinspektion Hamburg*. Institut für Bildungsmonitoring. Zugriff unter http://www.emse-netzwerk.de/uploads/Main/EMSE13_UB_Handbuch_komplett_DraftVersion210411.pdf
- Lenske, G. (2016). *Schülerfeedback in der Grundschule / Untersuchung zur Validität*. Waxmann Verlag GmbH.
- LernortLabor.de. (2018a). LernortLabor - Das Leitbild des Bundesverbandes. Zugriff 8. Januar 2018 unter <http://www.lernortlabor.de/lela.html>
- LernortLabor.de. (2018b). Schülerlaboratlas von LernortLabor. Zugriff 9. Januar 2018 unter <https://www.schuelerlabor-atlas.de/home>

- Lindenau, P. (2016). *Neue Unterrichtsmaterialien zur Teilchenphysik*. Netzwerk Teilchenwelt. Dresden.
- Linzer, D. & Lewis, J. (2016). *Package poLCA*. Zugriff unter <https://cran.r-project.org/web/packages/poLCA/poLCA.pdf>
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. Zugriff unter http://www.pedocs.de/frontdoor.php?source_opus=7370
- Lipowsky, F. (2007). Was wissen wir über guten Unterricht? *Guter Unterricht (Friedrich Jahresheft)*, 1–4.
- Lipowsky, F. (2015). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 69–105). Springer-Lehrbuch. doi:10.1007/978-3-642-41291-2
- Lois, D. (2015). Mehrebenenanalyse mit SPSS: Grundlagen und Erweiterungen. Universität der Bundeswehr München. Zugriff unter <https://www.unibw.de/hum-bildungswissenschaft/professuren/swm/methodenskripte/mehrebenenanalyse-mit-spss-grundlagen-und-erweiterungen.pdf>
- Maas, C. J. M. & Hox, J. J. (2005). Sufficient Sample Sizes for Multilevel Modeling. *Methodology*, 1(3), 86–92. doi:10.1027/1614-1881.1.3.86
- Martell, E. A. (1974). Radioactivity of tobacco trichomes and insoluble cigarette smoke particles. *Nature*, 249(5454), 215–217. doi:10.1038/249215a0
- Mayers, A. (2013). *Introduction to statistics and SPSS in psychology*. Harlow: Pearson Education.
- McDonald, J. H. (2014). Multiple comparisons. In *Handbook of Biological Statistics* (3. Aufl., S. 254–260). Baltimore, Maryland: Sparky House Publishing.
- Merzyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik - immer unbeliebter?: Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen*. Schneider Hohengehren.
- Meyer, H. (2014). Was ist guter Unterricht? *PADUA*, 9(2), 75–83. doi:10.1024/1861-6186/a000170
- Meyer, H. & Terhart, E. (2007). Guter Unterricht - nur ein Angebot? Interview mit dem Unterrichtsforscher Andreas Helmke. In G. Becker, A. Feindt, H. Meyer, M. Rothland, L. Stäudel & E. Terhart (Hrsg.), *Guter Unterricht. Maßstäbe & Merkmale - Wege & Werkzeuge. Friedrich Jahresheft XXV* (S. 36–38). Seelze: Friedrich Verlag.
- Meyer, S. (2013). *Schülervorstellungen zur Radioaktivität reloaded: Eine Vergleichsstudie vor und nach Fukushima* (Unveröffentlichte Masterarbeit, Universität Oldenburg).
- Mikelskis, H. & Wilke, H.-J. (2006). *Physik Plus Gymnasium Klasse 9 Sachsen*. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Mikelskis, H. & Wilke, H.-J. (2009). *Physik 9 | 10 Mittelschule Sachsen*. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Minnameier, G. & Hermkes, R. (2014). Kognitive Aktivierung und konstruktive Unterstützung als Lehr-Lern-Prozess-Größen: Eine Konzeption im rechenwesendidaktischen Kontext. In J. Seifried, U. Faßhauer & S. Seeber

- (Hrsg.), *Jahrbuch der berufs- und wirtschaftspädagogischen Forschung* (S. 123–134). Opladen: Budrich.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85, 426–436.
- Molz, A. (2016). *Verbindung von Schülerlabor und Schulunterricht: Auswirkungen auf Motivation und Kognition im Fach Physik*. München: Verlag Dr. Hut.
- Moosbrugger, H. & Keleva, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl.). doi:10.1007/978-3-642-20072-4_2
- Moschner, B. & Dickhäuser, O. (2006). Selbstkonzept. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (3. Aufl., S. 685–692). Weinheim: Beltz.
- Moss, S. (2016). Fit indices for structural equation modeling. Zugriff unter <https://www.sicotests.com/psyarticle.asp?id=277>
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext : Entwurf einer zeitgemässen Didaktik des Physikunterrichts*. Cornelsen.
- Müller, A. (2010). Kreuzvalidierung. In *Beiträge zur GDCP Jahrestagung*, Potsdam: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- Müller, P., Heinemann, H., Krämer, H. & Zimmer, H. (2009). *Übungsbuch Physik* (11. Aufl.). Leipzig: Carl Hanser Verlag.
- Müller, R. (2006). Physik in interessanten Kontexten. Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel.
- Nakagawa, S., Johnson, P. C. D. & Schielzeth, H. (2017). The coefficient of determination R^2 and intra-class correlation coefficient from generalized linear mixed-effects models revisited and expanded. *Journal of the Royal Society, Interface*, 14(134), 20170213. doi:10.1098/rsif.2017.0213
- Nakagawa, S. & Schielzeth, H. (2013). A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(2), 133–142. doi:10.1111/j.2041-210X.2012.00261.X
- NBPTS. (2002). *What Teachers Should Know and Be Able to Do*. Arlington: National Board for Professional Teaching Standards.
- Neuweg, G. H. (2005). Emergenzbedingungen pädagogischer Könnerschaft. In H. Heid & C. Harteis (Hrsg.), *Verwertbarkeit* (S. 205–228). doi:10.1007/978-3-663-07736-7_10
- Nezlek, J. B., Schröder-Abé, M. & Schütz, A. (2006). Mehrebenenanalysen in der psychologischen forschung vorteile und möglichkeiten der mehrebenenmodellierung mit zufallskoeffizienten. *Psychologische Rundschau*, 57(4), 213–223. doi:10.1026/0033-3042.57.4.213
- Nickolaus, R., Steffensky, M. & Parchmann, I. (2018). Expertise zu Effekten zentraler außerschulischer MINT-Angebote. Erstellt im Auftrag des Nationalen MINT Forum e.V. Stuttgart, Kiel: Nationales MINT Forum. Zugriff unter https://www.nationalesmintforum.de/fileadmin/medienablage/content/veranstaltungen/6_NMG_2018/pdf/NMF-Expertise_zu_Effekten_zentraler_au_erschulischer_MINT-Angebote_2018.pdf
- Nylund, K. L., Asparouhov, T. & Muthén, B. O. (2007). Deciding on the number of classes in latent class analysis and growth mixture modeling: A Monte

- Carlo simulation study. *Structural Equation Modeling*, 14(4), 535–569. doi:[10.1080/10705510701575396](https://doi.org/10.1080/10705510701575396). arXiv: [arXiv:1011.1669v3](https://arxiv.org/abs/1011.1669v3)
- Oechsle, M. & Knauf, H. (2007). Berufsfindungsprozesse von Abiturientinnen und Abiturienten im Kontext schulischer Angebote zur Berufsorientierung. In H. Kahlert & J. Mansel (Hrsg.), *Bildung und Berufsorientierung. Der Einfluss von Schule und informellen Kontexten auf die berufliche Identitätsentwicklung* (S. 143–162). Bielefeld: Juventa.
- Oevermann, U. (1996). Theoretische Skizze einer revidierten Theorie professionalisierten Handelns. In A. Combe & W. Helpser (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität: Untersuchungen zum Typus pädagogischen Handelns* (S. 70–182). Frankfurt: Suhrkamp.
- Open Science Collaboration. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349(aac4716). doi:[10.1126/science.aac4716](https://doi.org/10.1126/science.aac4716)
- Orion, N. & Hofstein, A. (1994). Factors that influence Learning during a Scientific Field Trip in a Natural Environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1097–1119.
- Orion, N., Hofstein, A., Tami, P. & Giddings, G. J. (1997). Development and Validation of an Instrument for Assessing the Learning Environment of Outdoor Science Activities. *Science Education*, 81(2), 161–171.
- Oser, F. (1998). *Ethos: Die Vermenschlichung des Erfolgs. Zur Psychologie der Berufsmoral von Lehrpersonen* (F. Oser, Hrsg.). doi:[10.1007/978-3-322-97398-6_1](https://doi.org/10.1007/978-3-322-97398-6_1)
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe (Dissertation).
- Pawek, C. (2012). Schülerlabore als nachhaltig das Interesse fördernde auserschulische Lernumgebungen. *Ausserschulische Lernorte – Beiträge zur Didaktik*, 69–94.
- Pedrotti, M. & Nistor, N. (2014). Einfluss studentischer Motivation auf die Bereitschaft zur Nutzung eines Online-Vorlesungsportals Nutzungsbedingungen Terms of use. In K. Rummler (Hrsg.), *Lernräume gestalten: Bildungskontexte vielfältig denken* (Bd. 67, S. 332–342). Münster: Waxmann Verlag. Zugriff unter <http://www.waxmann.com>
- Plasa, T. (2013). *Die Wahrnehmung von Schülerlaboren und Schülerforschungszentren*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Pötschke, M. (2009). Mehrebenenanalyse: Angemessene Modellierung von Evaluationsdaten. 10. Jahrestagung des Arbeitskreises Evaluation und Qualitätssicherung Berliner und Brandenburger Hochschulen: *Lehre und Studium professionall evaluieren: Wie viel Wissenschaft braucht die Evaluation?*
- Prenzel, M. (1988). *Die Wirkungsweise von Interesse: Ein Erklärungsversuch aus pädagogischer Sicht*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., ... Zimmer, K. (2003). PISA 2003 - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Zugriff unter https://archiv.ipn.uni-kiel.de/PISA/Zusammenfassung_2003.pdf

- Rambow, R. & Bromme, R. (2000). Was Schöns reflective practitioner durch die Kommunikation mit Laien lernen könnte. In G. H. Neuweg (Hrsg.), *Wissen Können Reflexion* (S. 246–263). STUDIENverlag.
- Raudenbush, S. W., Bryk, A. S., Fai Cheong, Y. & Congdon, R. T. (2004). HLM 6: Hierarchical Linear and Nonlinear Modeling. Chicago.
- Reinders, H., Ditton, H., Gräsel, C. & Gniewosz, B. (2015). *Empirische Bildungsforschung* (2. Aufl.). doi:[10.1017/CBO9781107415324.004](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004). arXiv: [arXiv:1011.1669v3](https://arxiv.org/abs/1011.1669v3)
- Reinmann, G. & Bianco, T. (2008). Knowledge Blogs zwischen Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit (Arbeitsbericht Nr. 17). Zugriff unter https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/644/file/Arbeitsbericht_17.pdf
- Riedl, A. (2014). Fachgespräche in einer schülerzentrierten Lernkultur. *Berufsbildung*, 4(146), 39–41.
- Riedl, A. & Schelten, A. (2012). Fachgespräche als unterstützende Hilfestellungen in einem konstruktivistischen Unterricht. *TU München: Lehrstuhl für Pädagogik*.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. In *Studien zum Physik- und Chemielernen*; 97. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 99–112. doi:[10.1007/s40573-017-0059-2](https://doi.org/10.1007/s40573-017-0059-2)
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y., Reinhold, P., ... Zander, S. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. *Zeitschrift für Pädagogik* (61. Beiheft), 55–79.
- Rohlf, C. (2011). Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit. Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation von Deci und Ryan. In *Bildungseinstellungen* (S. 93–102). doi:[10.1007/978-3-531-92811-1_6](https://doi.org/10.1007/978-3-531-92811-1_6)
- Roth, G., Assor, A., Kanat-Maymon, Y. & Kaplan, H. (2007). Autonomous motivation for teaching: How self-determined teaching may lead to self-determined learning. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 761–774. doi:[10.1037/0022-0663.99.4.761](https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.4.761)
- Schäfer, T. (2010). Strukturgleichungsmodelle. doi:[10.1007/978-3-531-92038-2_29](https://doi.org/10.1007/978-3-531-92038-2_29)
- Schäfer, T. (2016). *Methodenlehre und Statistik - Einführung in Datenerhebung, deskriptive Statistik und Inferenzstatistik*. Springer Verlag.
- Scharfenberg, F.-J. (2005). *Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse* (Dissertation, Universität Bayreuth). Zugriff unter http://www.mycology.uni-bayreuth.de/didaktik-bio/en/pub/html/3112odiss_Scharfenberg.pdf
- Scharfenberg, F.-J. (2009). Was leisten Schülerlabore? Übersicht der Wirksamkeitsstudien über Schülerlabore. *Lernort-Labor.de*. Zugriff unter http://www.lernortlabor.de/download/FsP4/Scharfenberg_LeLaBerlin.pdf

- Schecker, H. (2014). Überprüfung der Konsistenz von Itemgruppen mit Cronbachs Alpha. *Methoden in der naturwissenschaftlichen Forschung*, 1–7. Zugriff unter <http://static.springer.com/sgw/documents/1426184/application/pdf/Cronbach+Alpha.pdf>
- Schiefele, U. (2009). Motivation. (S. 151–177). doi:10.1007/978-3-540-88573-3_7
- Schmitz, G. & Schwarzer, R. (2000). Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrern: Längsschnittbefunde mit einem neuen Instrument. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14(1), 12–25. doi:10.1024//1010-0652.14.1.12
- Schneider, M. (2018). Selbstbestimmung und Selbstbestimmungstheorie. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch - Lexikon der Psychologie*. Zugriff unter <https://portal.hogrefe.com/dorsch/selbstbestimmungselbstbestimmungstheorie/>
- Schumacher, E.-M. (2011). *Schwierige Situationen in der Lehre. Methoden der Kommunikation und Didaktik für die Lehrpraxis*. Opladen & Farmington Hills: Verlag Barbara Budrich.
- Schwarz, J. (2016). Methodenberatung auf www.methodenberatung.uzh.ch. Zugriff 30. Juni 2018 unter <http://www.methodenberatung.uzh.ch/>
- Schwarzer, R. (1999). Selbstregulation (REG). In M. Jerusalem & R. Schwarzer (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen*. Berlin.
- Schwarzer, R. & Schmitz, G. (1999). Skalen zur Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartung (WIRKLEHR) und zur Proaktiven Einstellung (PRO). In M. Jerusalem & R. Schwarzer (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen*.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (2004). *Technischer Bericht zur Videostudie Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht*. Kiel.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 799–821.
- Shavelson, R. J., Hubner, J. J. & Stanton, G. C. (1976). Self-Concept: Validation of Construct Interpretations. *Review of Educational Research*, 46(3), 407. doi:10.2307/1170010
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Skarke, F. (2017). Modellselektion (AIC, BIC, Pseudo R²...) Zugriff 29. Juni 2018 unter <https://wikis.fu-berlin.de/x/1I7rKw>
- SMUL. (2012). Radon. Vorkommen - Wirkung - Schutz. Dresden: Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft. Zugriff unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11631>
- Stahl, E. & Bromme, R. (2007). The CAEB: An instrument of measuring connotative aspects of epistemological beliefs. *Learning and Instruction*, 17, 773–785.
- Stichweh, R. (1996). Professionen in einer funktional differenzierten Gesellschaft. In A. Combe & W. Helsper (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität* (S. 49–70). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

- Streller, M. (2015). *The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories* (Dissertation, TU Dresden). Zugriff unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-192707>
- Stroppe, H., Streitenberger, P., Specht, E., Zeitler, J. & Langer, H. (2009). *Physik - Beispiele und Aufgaben 2* (3. Aufl.). München: Carl Hanser Verlag.
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. doi:10.1207/s15516709COG1202_4
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., ... Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18. Zugriff unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/18_Tepner.pdf
- Thies, B. (2002). *Vertrauen zwischen Lehrern und Schülern*. Münster: Waxmann.
- Türling, J. M. (2014). *Die professionelle Fehlerkompetenz von (angehenden) Lehrkräften*. Springer Berlin Heidelberg.
- Turtur, C. W. (2013). *Prüfungstrainer Physik* (4. Aufl.). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Victor, A., Elsasser, A., Hommel, G. & Blettner, M. (2010). Wie bewertet man die p-Wert-Flut. *Deutsches Arzteblatt International*, 107(4), 50–56. doi:10.3238/arztebl.2009.0050
- Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Studien zum Physik- und Chemielernen*, 174, 595.
- Volkmer, M. (2012). *Radioaktivität und Strahlenschutz*. Berlin: Deutsches Atomforum e.V.
- Voss, T., Kunter, M., Seitz, J., Hoehne, V. & Baumert, J. (2014). Die Bedeutung des pädagogisch-psychologischen Wissens von angehenden Lehrkräften für die Unterrichtsqualität. *Zeitschrift für Pädagogik*, 60(2). doi:10.15496/publikation-964
- Votta, F. (2017). Multilevel Modelling mit R. Zugriff unter <https://rpubs.com/favstats/multilevel>
- Warner, L. M. (2014). Selbstwirksamkeitserwartung. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch – Lexikon der Psychologie* (18. Aufl., S. 1406). Bern: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG.
- Webb, N. M., Nemer, K. M. & Zuniga, S. (2002). Short Circuits or Superconductors? Effects of Group Composition on High-Achieving Students' Science Assessment Performance. American Educational Research Association. Zugriff unter <https://www.jstor.org/stable/3202451>
- Weinert, F. E. (1999). Psychologische Orientierungen in der Pädagogik. In H. Röhrs & H. Scheuerl (Hrsg.), *Richtungsstreit in der Erziehungswissenschaft und pädagogische Verständigung* (S. 203–214). Frankfurt am Main: Peter-Lang-Verlagsgruppe.
- Werner, C. (2014). Explorative Faktorenanalyse: Einführung und Analyse mit R. *Universität Zürich*, 1–15.

- Werner, C. (2015). Strukturgleichungsmodelle mit R und lavaan analysieren: Kurzeinführung. Zugriff 11. Juli 2018 unter https://www.psychologie.uzh.ch/dam/jcr:fffff-b371-2797-ffff-ffffeb61aa16/einfuehrung_lavaan_cs Werner.pdf
- Weßnigk, S. (2013). *Kooperatives Arbeiten an Industrienahen außerschulischen Lernorten* (Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel).
- Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der ...* 10, 233–255.
- Wilhelm, E. (2011). Bildung als Einheit von Unterricht und Erziehung - Zur pädagogischen Geschäftsgrundlage. *Zeitlose Probleme der Pädagogik - Pädagogik als zeitloses Problem?* Zugriff unter <http://books.openedition.org/ksp/3185>
- Wilke, H.-J. (1988). *Physik 10*. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag.
- Wilke, H.-J. & Liebers, K. (1993). *Physik - Lehrbuch für die Klassen 9 und 10*. Berlin: Volk und Wissen Verlag GmbH.
- Witten, I. H., Frank, E. & Hall, M. (2011). *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques* (3. Aufl.). Burlington: Morgan Kaufmann.
- Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung*. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17(1), 289–313.
- Wolf, S. J. & Fraser, B. J. (2008). Learning Environment, Attitudes and Achievement among Middle-school Science Students Using Inquiry-based Laboratory Activities. *Res Sci Educ*, 38, 321–341. doi:10.1007/s11165-007-9052-y
- Wollschläger, D. (2017). Vorhersagegüte prädiktiver Modelle. *Grundlagen der Datenanalyse mit R*, 529–535. doi:10.1007/978-3-662-53670-4. arXiv: 9809069v1 [arXiv:gr-qc]
- Wulfken, B., Koch, I. & Früh, L. (o.D.). Mehrebenenanalyse. Zugriff unter <https://www.tu-chemnitz.de/hsw/psychologie/professuren/method/homepages/ts/methodenlehre/Mehrebenenanalyse.pdf>
- Zehren, W. (2009). *Forschendes Experimentieren im Schülerlabor* (Dissertation).
- Zwick, M. & Renn, O. (2000). Die Attraktivität von technischen und ingenieurwissenschaftlichen Fächern bei der Studien- und Berufswahl junger Frauen und Männer. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1	Gelingensbedingungen für das forschende Lernen im Schülerlabor	8
Abb. 2	Schülerlaborneugründungen (kumulativ)	9
Abb. 3	Schülerlabore im deutschsprachigen Raum	9
Abb. 4	Der Ablauf eines Experimentiertags im Schülerlabor DeltaX	12
Abb. 5	Gruppenaufteilung am Stationstisch	12
Abb. 6	Forschungslücke der Schülerlaborbegleitforschung	23
Abb. 7	Interessenkonstrukt nach Krapp (1992)	26
Abb. 8	Kontinuierliche Interessenentwicklung durch <i>catch-</i> und <i>hold-</i> Faktoren	27
Abb. 9	Dimensionen der Motivation	29
Abb. 10	Hierarchische Konstrukt des Selbstkonzepts	31
Abb. 11	Image von Physik	33
Abb. 12	Modell professioneller Handlungskompetenz	40
Abb. 13	Modellierungen von Fachwissen	43
Abb. 14	Modellierungen Fachdidaktischem Wissen	44
Abb. 15	Angebots-Nutzungs-Modell	50
Abb. 16	Merkmale guten Physikunterrichts	56
Abb. 17	Bedingungen für eine konstruktivistisch gestaltete Lernumgebung	58
Abb. 18	Untersuchungsmodell der Studie	65
Abb. 19	Hypothesen und Forschungsfragen im Untersuchungsmodell	72
Abb. 20	Laborraum des Schülerlabors DeltaX am HZDR	74
Abb. 21	Schematische Abfolge des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“	75
Abb. 22	Station Umweltradioaktivität am Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“	77
Abb. 23	Station Eigenschaften ionisierender Strahlung am Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“	78
Abb. 24	Experiment: Radioaktivität von Zigarettenrauch	79
Abb. 25	Design der Untersuchung	80
Abb. 26	Methodischer Einsatz der Erhebungsinstrumente	82
Abb. 27	Modellierung von Fachwissen	84
Abb. 28	Modellierung von fachdidaktischem Wissen	86
Abb. 29	Modellierung von pädagogischem Wissen	88
Abb. 30	Skalen der Befragung zu Überzeugungen und Werthaltungen	90
Abb. 31	Skalen der Befragung zu motivationalen Orientierungen .	91
Abb. 32	Befragung von Betreuenden zu selbstregulativen Fähigkeiten	91
Abb. 33	Kodierung eines Beispielitems aus dem Ratingbogen . . .	96
Abb. 34	Einsatz des Ratingbogens	97
Abb. 35	Lineare Modellierung eines Zusammenhangs	114
Abb. 36	Beispiel Ebenenstruktur bei der Mehrebenenanalyse	116

Abb. 37	Beispiel Aufdeckung durch Mehrebenenanalyse	117
Abb. 38	Beispiel Strukturgleichungsmodell & Terminologie	125
Abb. 39	Lineare Regression von $SCo(BNE)$ (Kreuzvalidierung) . . .	177
Abb. 40	Ergebnisse der Kreuzvalidierung (Student Cohesiveness) .	177
Abb. 41	Lineare Regression von Betreuungsqualität (Wahrnehmung vs. Rating)	180
Abb. 42	Ebenenstruktur dieser Untersuchung	192
Abb. 43	Modellprüfung der LCA auf Grundlage der Fachinteressen	195
Abb. 44	Ausprägung des Interesses für Schulfächer der durch LCA gebildeten Interessengruppen	196
Abb. 45	Ausprägung des Interesses für Berufsfelder der durch LCA gebildeten Interessengruppen	196
Abb. 46	LCA auf Basis der favorisierten Berufsfelder	199
Abb. 47	Ergebnisse des Professionwissenstests	202
Abb. 48	Analyse der Testscores für die Wissensbereiche von Professionswissen	203
Abb. 49	XY-Diagramm für die Wissensbereiche FW & FDW	204
Abb. 50	Boxplot des durch den Laborbesuch hervorgerufenen aktuellen Interesses	207
Abb. 51	Lernzuwachs und Spaß	208
Abb. 52	Boxplot für das Gefallen des Laborbesuchs (Enjoyment) .	208
Abb. 53	Boxplot der psychologischen Grundbedürfnisse während des Laborbesuchs	209
Abb. 54	Mittelwert und Standardabweichung des Fachinteresses Physik	210
Abb. 55	Mittelwert und Standardabweichung des Sachinteresses Physik	212
Abb. 56	Mittelwert und Standardabweichung des Sachinteresses Naturwissenschaften	212
Abb. 57	Mittelwert und Standardabweichung der Selbstwirksamkeitserwartung für naturwissenschaftlich-techn. Arbeitsweisen	215
Abb. 58	Mittelwert und Standardabweichung der Einstellung zu einem naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz	217
Abb. 59	Mittelwert und Standardabweichung für das Image von Physik	219
Abb. 60	Boxplot der empfundenen Bedeutung von Naturwissenschaft für den Alltag	220
Abb. 61	Boxplot des gewonnenen Einblicks in die Forschung	221
Abb. 62	Mittelwert und Standardabweichung der Selbstwirksamkeitserwartung im Physikunterricht	225
Abb. 63	Mittelwert und Standardabweichung für die Leistungsbereitschaft im Physikunterricht	226
Abb. 64	Interesse der Schüler an Radioaktivität und Strahlung	228
Abb. 65	Argumentationsfähigkeit der Schüler zu Radioaktivität und Strahlung	228

Abb. 66	Vorstellungen und Fehlvorstellungen der Schüler zu Radioaktivität und Strahlung	229
Abb. 67	Angst der Schüler vor Radioaktivität und Strahlung	230
Abb. 68	Abneigung von Radioaktivität und Strahlung	231
Abb. 69	Mittelwert und Standardabweichung der Einstellung zu einem naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz	280
Abb. 70	Strukturgleichungsmodell zum Zusammenhang von Betreuermerkmalen, Betreuungsqualität und den Zielvariablen von Schülerlaboren	285
Abb. 71	Angepasstes Strukturgleichungsmodell zum Zusammenhang von Betreuermerkmalen, Betreuungsqualität und den Zielvariablen von Schülerlaboren	287
Abb. 72	Schematische Zusammenfassung der in dieser Untersuchung gefundenen Wechselwirkungen	301

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1	Kategorisierung von Schülerlaboren im deutschsprachigen Raum	10
Tab. 2	Überblick über Begleitforschung zu Schülerlaboren	19
Tab. 3	Vergleich von Selbstkonzept und Selbstwirksamkeit	32
Tab. 4	Überblick über Qualitätsmerkmale von Unterricht	52
Tab. 5	Experimentiertage im Schülerlabor DeltaX	73
Tab. 6	Ablauf des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“	76
Tab. 7	Ablauf des Experimentiertags „Radioaktivität und Strahlung“ mit Erhebung	81
Tab. 8	Zuordnung der Items des Fachwissenstests	85
Tab. 9	Zuordnung der Items des Tests für fachdidaktisches Wissen	86
Tab. 10	Zuordnung der Items des Tests für pädagogisches Wissen	89
Tab. 11	Überblick über die in dem Fragebogen für Lernende erhobenen Konstrukte und Facetten	92
Tab. 12	Itemübersicht Ratingbogen	96
Tab. 13	Prüf- und Auswertungsmethoden	98
Tab. 14	Beurteilung von ausgewählten Fit-Maßen für die CFA	108
Tab. 15	Faustregel zur Interpretation von Cronbachs α	108
Tab. 16	Fit-Maße zur Beurteilung des Modellfits für Strukturgleichungsmodelle	126
Tab. 17	Einordnung der Effektstärkemaße	138
Tab. 18	Prüfaspekte und Analyseschritte der Messinstrumente	139
Tab. 19	Stichprobe der Pilotierung	140
Tab. 20	Stichprobe der Hauptstudie	140
Tab. 21	Verteilung bzgl. Kurswahl Physik (Hauptstudie)	141
Tab. 22	Faktorenstruktur der Skala <i>Kognitive Aktivierung</i>	142
Tab. 23	Itemanalyse der Skala <i>Kognitive Aktivierung</i> (Pilotierung)	143
Tab. 24	Itemanalyse der Skala <i>Kognitive Aktivierung</i> (Hauptstudie)	143
Tab. 25	Faktorenstruktur der Skala <i>Konstruktive Unterstützung</i>	144
Tab. 26	Itemanalyse der Skala <i>Konstruktive Unterstützung</i> (Pilotierung)	145
Tab. 27	Itemanalyse der Skala <i>Konstruktive Unterstützung</i> (Hauptstudie)	145
Tab. 28	Faktorenstruktur der Skala <i>Lernfreundliches Klima</i>	146
Tab. 29	Itemanalyse der Skala <i>Lernfreundliches Klima</i> (Pilotierung)	146
Tab. 30	Itemanalyse der Skala <i>Lernfreundliches Klima</i> (Hauptstudie)	147
Tab. 31	Faktorenstruktur der Skala <i>Klarheit</i>	147
Tab. 32	Itemanalyse der Skala <i>Klarheit</i> (Pilotierung)	148
Tab. 33	Itemanalyse der Skala <i>Klarheit</i> (Hauptstudie)	148
Tab. 34	Faktorenstruktur der Skala <i>Kommunikation</i>	149
Tab. 35	Itemanalyse der Skala <i>Kommunikation</i> (Pilotierung)	150
Tab. 36	Itemanalyse der Skala <i>Kommunikation</i> (Hauptstudie)	150
Tab. 37	Faktorenstruktur der Skala <i>Betreuer-Schüler-Beziehung</i>	151

Tab. 38	Itemanalyse der Skala <i>Betreuer-Schüler-Beziehung</i> (Pilotierung)	152
Tab. 39	Itemanalyse der Skala <i>Betreuer-Schüler-Beziehung</i> (Hauptstudie)	152
Tab. 40	Faktorenstruktur der Skala <i>Basic Needs</i>	154
Tab. 41	Itemanalyse der Skala <i>Basic Needs</i> (Pilotierung)	155
Tab. 42	Itemanalyse der Skala <i>Basic Needs</i> (Hauptstudie)	155
Tab. 43	Faktorenstruktur der Skala <i>Dispositionales Interesse</i>	156
Tab. 44	Itemanalyse der Skalen zum <i>dispositionalen Interesse</i> (Pilotierung)	157
Tab. 45	Itemanalyse der Skalen zum <i>dispositionalen Interesse</i> (Hauptstudie)	158
Tab. 46	Faktorenstruktur der Skala <i>Aktuelles Interesse</i>	159
Tab. 47	Itemanalyse der Skalen zum <i>aktuellen Interesse</i> (Pilotierung)	160
Tab. 48	Itemanalyse der Skalen zum <i>aktuellen Interesse</i> (Hauptstudie)	160
Tab. 49	Faktorenstruktur der Skalen für das <i>Image von Physik</i>	161
Tab. 50	Itemanalyse der Skalen <i>Image von Physik</i> (Pilotierung)	162
Tab. 51	Itemanalyse der Skalen <i>Image von Physik</i> (Hauptstudie)	162
Tab. 52	Faktorenstruktur der Skalen für die <i>schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung</i>	163
Tab. 53	Itemanalyse der Skalen für die <i>schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung</i> (Pilotierung)	164
Tab. 54	Itemanalyse der Skalen für die <i>schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung</i> (Hauptstudie)	164
Tab. 55	Faktorenstruktur der Skala <i>SWE naturwis. Arbeitsweisen</i>	166
Tab. 56	Itemanalyse der Skala <i>SWE naturwis. Arbeitsweisen</i> (Pilotierung)	167
Tab. 57	Itemanalyse der Skala <i>SWE naturwis. Arbeitsweisen</i> (Hauptstudie)	167
Tab. 58	Itemanalyse der Skala <i>Einstellung zum naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz</i> (Pilotierung)	168
Tab. 59	Itemanalyse der Skala <i>Einstellung zum naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz</i> (Hauptstudie)	168
Tab. 60	Itemanalyse der Skalen zur <i>Bilanz des Schülerlaborbesuchs</i> (Pilotierung)	169
Tab. 61	Itemanalyse der Skalen zur <i>Bilanz des Schülerlaborbesuchs</i> (Hauptstudie)	170
Tab. 62	Reliabilität der Skalen im Fragebogen	172
Tab. 63	Überblick der Skalen für die Kreuzvalidierung	174
Tab. 64	Stichprobe der Kreuzvalidierung	174
Tab. 65	Itemanalyse der Skala <i>Basic Needs: Soziale Eingebundenheit</i> (Kreuzvalidierung)	175
Tab. 66	Itemanalyse der WIHIC-Skala <i>Student Cohesiveness</i> (Kreuzvalidierung)	175
Tab. 67	Lineare Regression von <i>Student Cohesiveness</i> (SCo)	176
Tab. 68	Ergebnisse der Kreuzvalidierung	178
Tab. 69	Rating von Betreuungsqualität vs. Wahrnehmung durch Lernende: Überblick	178

Tab. 70	Rating von Betreuungsqualität vs. Wahrnehmung durch Lernende: Regressionsanalyse	179
Tab. 71	Reliabilität der Skalen im Fragebogen (To)	181
Tab. 72	Ergebnisse des Probelaufs	183
Tab. 73	Itemanalyse des Tests für das Fachwissen	184
Tab. 74	Itemanalyse des Tests für das fachdidaktische Wissen	184
Tab. 75	Itemanalyse des Tests für das pädagogische Wissen	185
Tab. 76	Korrelationsmatrix der Wissensbereiche von Professionswissen	186
Tab. 77	Stichprobe der Hauptstudie	191
Tab. 78	Verteilung bzgl. Kurswahl Physik (Hauptstudie)	191
Tab. 79	Kategoriale (Schüler)-Subgruppen der Stichprobe	193
Tab. 80	Zusammensetzung der Interessengruppen	194
Tab. 81	Einstellung der Interessengruppen zu Physik und Naturwissenschaften	195
Tab. 82	Varianzanalyse (ANOVA) der LCA-Interessengruppen	195
Tab. 83	Überblick der Betreuer	200
Tab. 84	Kategoriale (Betreuer)-Subgruppen der Stichprobe	200
Tab. 85	Ergebnisse des Professionwissenstests	202
Tab. 86	Korrelationsmatrix der Wissensbereiche von Professionswissen	202
Tab. 87	Variablenübersicht zu FFa	236
Tab. 88	Verteilung der Varianzanteile auf die 3 Ebenen (Zufallseffekte des Nullmodells; FFa)	240
Tab. 89	Korrelationsmatrix weitere Aspekte prof. Handlungskompetenz	243
Tab. 90	Gesamtmodell der Modellserie A (FFa)	244
Tab. 91	Gesamtmodell der Modellserie B (FFa)	245
Tab. 92	Gesamtmodell der Modellserie C (FFa)	245
Tab. 93	Gesamtmodell der Modellserie D (FFa)	246
Tab. 94	Gesamtmodell der Modellserie E (FFa)	246
Tab. 95	Gesamtmodell der Modellserie F (FFa)	247
Tab. 96	Gesamtmodell der Modellserie G (FFa)	247
Tab. 97	Gesamtmodell der Modellserie H (FFa)	248
Tab. 98	Gesamtmodell der Modellserie I (FFa)	248
Tab. 99	Variablenübersicht zu FFb	253
Tab. 100	Verteilung der Varianzanteile auf die 3 Ebenen (Zufallseffekte des Nullmodells; FFb)	255
Tab. 101	Gesamtmodell der Modellserie A (FFb)	258
Tab. 102	Gesamtmodell der Modellserie B (FFb)	259
Tab. 103	Gesamtmodell der Modellserie C (FFb)	259
Tab. 104	Gesamtmodell der Modellserie D (FFb)	260
Tab. 105	Gesamtmodell der Modellserie E (FFb)	260
Tab. 106	Variablenübersicht zu FFc	265
Tab. 107	Gesamtmodell der Modellserie A (FFc)	267
Tab. 108	Gesamtmodell der Modellserie B (FFc)	268

Tab. 109	Gesamtmodell der Modellserie C (FFc)	268
Tab. 110	Gesamtmodell der Modellserie D (FFc)	269
Tab. 111	Gesamtmodell der Modellserie E (FFc)	269
Tab. 112	Gesamtmodell der Modellserie F (FFc)	270
Tab. 113	Gesamtmodell der Modellserie G (FFc)	270
Tab. 114	Gesamtmodell der Modellserie H (FFc)	271
Tab. 115	Gesamtmodell der Modellserie I (FFc)	271
Tab. 116	Überblick der Mehrebenenanalysen zu FFa	276
Tab. 117	Überblick der Mehrebenenanalysen zu FFb	277
Tab. 118	Überblick der Mehrebenenanalysen zu FFc	278
Tab. 119	Itemanalyse der Skala <i>Konzeptverständnis</i>	279
Tab. 120	Beurteilung des Modellfits für die Strukturgleichungsmodelle	283

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ANM	Angebots-Nutzungs-Modell
ANOVA	univariate Varianzanalyse (von engl. „Analysis of Variance“)
ANCOVA	univariate Kovarianzanalyse (von engl. „Analysis of (Co-)Variance“)
APA	American Psychological Association
AV	abhängige Variable
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
CFA	konfirmatorische Faktorenanalyse (kurz. CFA, von engl. „Confirmatory Factor Analysis“)
COACTIV	Cognitive Activation in the Classroom: The Orchestration of Learning Opportunities for the Enhancement of Insightful Learning in Mathematics
DNA	Desoxyribonukleinsäure (kurz DNS; englisch DNA für deoxyribonucleic acid)
EFA	Explorative Faktorenanalyse
FDW	Fachdidaktisches Wissen
FW	Fachwissen
FSK	Fähigkeitsselbstkonzept
HZDR	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf
IPN	Institut für Pädagogik und Naturwissenschaften Kiel
KMK	Kultusministerkonferenz
KV	Kovariate
LCA	Latente Klassenanalyse (engl. „Latent Class Analysis“)
LeLa	Lernort Labor – Bundesverband der Schülerlabore e.V.
MANOVA	multivariate Varianzanalyse (von engl. „Multivariate Analysis of Variance“)
MANCOVA	multivariate Kovarianzanalyse (von engl. „Multivariate Analysis of (Co-)Variance“)

MINT	zusammenfassende Bezeichnung von Unterrichts- und Studienfächern bzw. Berufen aus den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik
MLA	Mehrebenenanalyse (engl. Multilevel Modeling)
MLF	Full-Maximum-Likelihood-Schätzung
MLR	Restricted-Maximum-Likelihood-Schätzung
NBPTS	National Board for Professional Teaching Standards
PAF	Hauptachsenanalyse (<i>von engl. Principal Axes Factoring</i>)
PCK	Pedagogical Content Knowledge
PET	Positronen-Emissions-Tomographie
PIKO	Physik im Kontext
PISA	Programme for International Student Assessment
POI	Person-Object Theory
PK	Pedagogical Knowledge
PW	allgemeines pädagogisches Wissen
SDT	Self-Determination Theory
SEM	Strukturgleichungsmodell (von engl. „Structural Equation Modelling“)
SHK	Studentische Hilfskraft
SWE	Selbstwirksamkeitserwartung
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study
UV	unabhängige Variable
WIHIC	What Is Happening In the Class? (Fragebogen)

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich für die Unterstützung bedanken, die ich im Laufe meiner Promotion in vielfältiger Weise erhalten habe.

Als erstes bedanke ich mich bei meiner Betreuerin Prof. Dr. Gesche Pospiech, die mich in allen Phasen in ihrer freundlichen, ruhigen und sachlichen Art mit stets konstruktiven Anregungen motiviert und unterstützt hat.

Mein Dank gilt ebenso Prof. Dr. Andreas Müller, der sich in unverkennbar engagierter Weise mit meinen Überlegungen, Bedenken und methodischen Fragen auch über das Projekt hinaus auseinandergesetzt hat.

Der Helmholtz-Gemeinschaft und dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf danke ich ausdrücklich dafür, mir die Promotion ermöglicht zu haben. Weiterhin bedanke ich mich bei meinen Kollegen der Abteilung Kommunikation und Medien und besonders des Schülerlabor-Teams, die dafür gesorgt haben, dass ich mich immer wohl gefühlt habe und mich mit voller Kraft auf das Vorhaben konzentrieren konnte.

Insbesondere gilt mein Dank Nadja Gneist und Matthias Streller für die inhaltliche, moralische und organisatorische Unterstützung von Anfang an.

Ich möchte mich auch bei der Arbeitsgruppe Physikdidaktik der TU Dresden um Prof. Pospiech für die vielen hilfreichen Diskussionen, die kritischen Anmerkungen und den motivierenden Zuspruch bedanken.

Dank gebührt natürlich ebenfalls den zahlreichen Schülerinnen und Schülern, die sich von dem langen Fragebogen nicht abschrecken lassen und so wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Dasselbe gilt auch für die Betreuerinnen und Betreuer im Schülerlabor DeltaX, die bereit waren, sich einem noch viel längeren Fragebogen zu stellen.

Großer Dank kommt auch meinen Freunden zu, die mich auf dem Weg zum Abschluss dieser Arbeit begleitet haben. Besonders möchte ich mich bei Jacob König-Otto und Julia Woithe für die wertvollen Diskussionen, die effektive Zusammenarbeit und den ein oder anderen entscheidenden Hinweis bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Freundin Katja für ihren kontinuierlichen Rückhalt, der sich unmöglich in Worte fassen lässt.

SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die Dissertation wurde am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf unter der wissenschaftlichen Betreuung von Prof. Dr. Gesche Pospiech angefertigt. Ich erkenne die geltende Fassung der Promotionsordnung der Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften an der Technischen Universität Dresden an.

Dresden, 27. Mai 2019

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Hans Niedderer, Helmut Fischler und Elke Sumfleth

Die Reihe umfasst inzwischen eine große Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten aus vielen Arbeitsgruppen der Physik- und Chemiedidaktik und zeichnet damit ein gültiges Bild der empirischen physik- und chemiedidaktischen Forschung in Deutschland.

Die Herausgeber laden daher Interessenten zu neuen Beiträgen ein und bitten sie, sich im Bedarfsfall an den Logos-Verlag oder an ein Mitglied des Herausgeberteams zu wenden.

Kontaktadressen:

Prof. Dr. Hans Niedderer
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften,
Abt. Physikdidaktik, FB Physik/Elektrotechnik,
Universität Bremen,
Postfach 33 04 40, 28334 Bremen
Tel. 0421-218 2484/4695, e-mail:
niedderer@physik.uni-bremen.de

Prof. Dr. Helmut Fischler
Didaktik der Physik, FB Physik, Freie Universität Berlin,
Arnimallee 14, 14195 Berlin
Tel. 030-838 56712/55966, e-mail:
fischler@physik.fu-berlin.de

Prof. Dr. Elke Sumfleth
Didaktik der Chemie,
Fachbereich Chemie,
Universität Duisburg-Essen,
Schützenbahn 70, 45127 Essen
Tel. 0201-183 3757/3761, e-mail:
elke.sumfleth@uni-essen.de

Die Studie zeigt die positiven affektiven Wirkungen des außerschulischen Lernortes Schülerlabor und repliziert damit frühere Arbeiten in diesem Bereich. Darüber hinaus wird der Einfluss von Betreuenden und Betreuung auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren erstmals im Rahmen einer systematischen Untersuchung betrachtet und ein Wirkmodell abgeleitet. Die Besonderheit der vorliegenden Studie ist es, dass sie über diese allgemein formulierten Zusammenhänge hinaus aufzeigt, wie sich neben dem Professionswissen von Betreuenden auch die soziale Kompetenz auf die einzelnen Aspekte von wahrgenommener Betreuungsqualität auswirkt und wie diese wiederum affektive und kognitive Zielvariablen beeinflussen.

Analysiert wurden die Angaben von 1490 Lernenden (Klassenstufe 9 bis 13 / Fragebogen im Pre-Post-Design) und 13 Betreuenden (Professionswissenstest). Methodisch erfolgte die Auswertung der Hypothesen durch Pre-Post-Vergleiche mittels Signifikanztests unter Angabe der Effektstärke. Die Untersuchung der Zusammenhänge wurde im Rahmen der Forschungsfrage durch Mehrebenenanalysen durchgeführt, mit denen Regressionen unter Beachtung der hierarchischen Struktur der Stichprobe möglich sind. Ein Strukturgleichungsmodell setzt die gefundenen Zusammenhänge miteinander in Verbindung und prüft diese im Sinne eines Gesamtmodells.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-5036-3