

Lehrqualität naturwissenschaftlicher Hochschulpraktika

– Befunde zu Chemie- und Physikpraktika, sowie Block- und Semesterpraktika –

Daniel Rehfeldt*, Volkhard Nordmeier*

*Freie Universität Berlin, Arnimallee 14, 14195 Berlin
d.rehfeldt@fu-berlin.de, volkhard.nordmeier@fu-berlin.de
(Eingegangen: 19.12.2017; Angenommen: 26.04.2018)

Kurzfassung

Für Experimentalpraktika an deutschen Hochschulen wurden bisher Befunde erarbeitet, die zeigen, dass es erhebliche Unterschiede zwischen den intendierten Zielen und deren Realisierung gibt. Aus den Erkenntnissen der Praktikumsforschung und den Anforderungen guter Lehrevaluation wurde das theoretisch-fundierte, fächerübergreifende Modell der Praktikumsqualität konzipiert. Der zugehörige Praktikumsqualitäts-Fragebogen (PraQ) wurde ratingbasiert für Studierende in insgesamt 18 Praktika im deutschsprachigen Raum erprobt ($N = 1314$). Die Testevaluationsstudien zu den Inhalten, zur Struktur und zur Konstruktvalidität zeigten Evidenzen für ein gelungenes Messinstrument. Die Stärken und Schwächen von Praktika verschiedener Fächer und Organisationsformen sind noch nicht erforscht. Erstmals konnten mit diesem neuen Instrument hierfür Ergebnisse bezüglich der Unterschiede zwischen Physik- und Chemiepraktika, sowie zwischen Block- und Semesterpraktika ermittelt werden. So konnten Stärken der jeweiligen Praktikumsrealisierungen festgestellt werden. Physikpraktika wurden in einigen Bereichen der experimentellen Kompetenz und der Lehrkompetenz besser bewertet als Chemiepraktika. Semesterpraktika wiesen eine deutlich bessere wahrgenommene Betreuungsqualität auf als Blockpraktika, allerdings bewirkten sie teils geringere selbsteingeschätzte Kompetenzzuwächse, z. B. im Aufbauen der Versuchsanordnung und im Zeitmanagement. Als Konsequenz aus diesen Ergebnissen sollten die jeweiligen Stärken der Praktikumsformen auch aus anderen Perspektiven besser erforscht, in der Zukunft genauer beobachtet und zielgerichtete Interventionen für schwächere Praktika daraus abgeleitet werden.

Abstract

Background: Studies concerning scientific hands-on laboratory courses in German universities show a problematic relationship between the intended aims of the coursework and the actual achievement of these aims. Based on recent findings about the quality of hands-on trainings and the requirements for good evaluation, an interdisciplinary model for quality of laboratory courses and a questionnaire called PraQ was established. PraQ was field-tested as a rating questionnaire for students in six evaluation studies with 18 independent laboratory courses in Germany and Austria ($N = 1314$). The extensive sample size allowed us to shed light on the differences between chemistry and physics labs as well as between block and semester courses.

Physics laboratory courses achieved a better rating than chemistry labs in some aspects of experimental competence and teaching skills. Semester courses showed an increased quality of student guidance but a partly decreased self-assessed gain in competence, e.g. in preparing experimental setups and time management. With the PraQ questionnaire, strengths and weaknesses of the different forms of laboratory courses can be examined in more detail allowing for interventions to be tailored more specifically for the weaknesses of the corresponding courses.

1. Einleitung: Lehrqualität von Praktika

1.1. Ziele und Legitimation von Praktika¹

Mit »Praktikum« soll im Folgenden eine Lehrform (an der Universität) für Studierende eines naturwis-

senchaftlichen Fachs bezeichnet werden, die manchmal auch »Naturwissenschaftliches Praktikum«, »Grundpraktikum« oder »Laborpraktikum« genannt wird. Dies geschieht in Abgrenzung zu Betriebspraktika oder Schulpraktika, sowie zu Praxisseminaren, wie sie z. B. im Lehramtsstudium üblich sind:

¹ Eine deutlich detailliertere Zusammenfassung der unterschiedlichen Zielsetzungen von Praktika findet sich bei Rehfeldt (2018, S. 30)

»Unter Praktikum ist dabei eine Form von praktischer Arbeit zu verstehen, bei der Studierende [...] Experimente in einer speziell dafür vorbereiteten Lernumgebung durchführen, sich mit Geräten und Materialien beschäftigen, naturwissenschaftliche Phänomene beobachten und verstehen lernen und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen erlernen können.« (Nagel, 2009, S. 4)

Betrachtet man konkreter die tatsächliche Umsetzung bzw. befragt man Praktikumsleitende, so äußern diese vielfältige Ziele und damit Legitimationsgründe von Praktika. Bereits 1999 wurden Lehrende in Praktika befragt, welche Ziele sie mit ihren Praktika verfolgen (Haller, 1999). Die Angaben können teils als implizite Ziele verstanden werden, da diese nicht zwangsläufig institutionell standardisiert und damit kommuniziert sind. Es finden sich drei zentrale Ziele, die mit der experimentellen Ausbildung an Hochschulen erreicht werden sollen. Die Ziele bestätigten sich fächerübergreifend und in diversen Studien:

(1) Naturwissenschaftliche Theorie und Praxis (Experiment) verbinden, (2) experimentelle Fähigkeiten erwerben und (3) Methoden wissenschaftlichen Denkens kennenlernen. (Borawski & Heinke, 2005; Haller, 1999; Neumann, 2004; Theyßen, 2000).

Eine europaweite Befragung zu Zielen, die Lehrende mit dem Experimentieren verfolgen, kam zu analogen Ergebnissen (Welzel et al., 1998).

Unter (1) wird subsumiert, Gesetze zu verifizieren, experimentelle Methoden naturwissenschaftlichen Inhalten zuzuordnen oder technische Anwendungen erläutern zu können. Dies bildet den eher inhaltlichen Rahmen der Ziele und ist ein Stück weit mit der heutigen Vorstellung des Kompetenzbereichs *Fachwissen* verwandt.

Punkt (2) beinhaltet vor allem Standardtechniken, wie das Protokollieren, Beobachten und/oder Messfehlerbetrachtung. Dies weist Ähnlichkeit mit dem Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* auf. Hofstein (2004) nennt sogar konkret den Erwerb von Erkenntnisgewinnungskompetenz als Eigenschaft von Praktika.

Punkt (3) betrifft vor allem die Metaebene des Experimentierens, mit dem Planen und Durchführen von Untersuchungen, der kritischen Interpretation von Daten, und dem Wissen um Erkenntnismethoden. Hier kann nach heutiger Modellierung von einer Überschneidung zwischen *Erkenntnisgewinnung* und *Bewertung* ausgegangen werden.

Nach Haller (1999) geht es bei Praktika auch um persönliche und soziale Aspekte wie *Interesse*, *Kommunikation* und *Teamfähigkeit* (Weiterentwicklung der sozialen Kompetenz, Persönlichkeit und Motivation), weswegen auch Aspekte der *Kommunikationskompetenz* (auch bei Engels & Hülsbusch, 2008, S. 59; Hofstein, 2004) und *fächerübergreifender Metakompetenzen* wie *Selbstmanagement* oder *Kooperationsfähigkeit* (Hofstein, 2004) angespro-

chen werden. Ähnliche Ziele formulieren für Fortgeschrittenen-Praktika Zwickl, Finkelstein & Lewandowski (2013) und für Grundpraktika die AAPT (American Association of Physics Teachers, 1998). Hucke (1999) ordnete diese Zielstellungen noch einmal mit Wellington (Wellington, 2002) in Bereiche der »Fertigkeiten«, sowie in »affektiv« und »kognitiv« bestimmte Bereiche. Unter Fertigkeiten wird u. a. das Messen lernen (Hauptziel nach Diemer, Baser & Jodl, 1998, S. 11), experimentelle Fähigkeiten und Methoden wissenschaftlichen Denkens verstanden, was Schnittmengen mit den Zielen 2 und 3 nach Haller (1999) aufweist.

Der affektive Bereich wird wie bei ebd. durch motivationale und einstellungsbezogene Merkmale (vgl. Hofstein, 2004) bestimmt, erneut eher studierendenorientiert.

Als *kognitiv* werden schließlich das Anwenden naturwissenschaftlicher Konzepte, der Erwerb theoretischen Wissens² und die Vertiefung des Wissens durch Praxis verstanden³, was dem Ziel (1) nach Haller nahekommt. Auf der anderen Seite stehen die expliziten, kommunizierten Ziele von Praktika, die sich in veröffentlichten Zielempfehlungen und Studienordnungen wiederfinden. Die Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP, 2010) definiert beispielsweise für die »Gruppe 3: Experimentaltechniken« im Bachelorstudium viele »Lernergebnisse« (ebd., S. 8), die sich auf den Experimentierzyklus beziehen (Messgeräte, Messmethoden, Messdatenerfassung, Messdateninterpretation, Messfehler etc.), aber auch auf schriftliche Kommunikation wie die saubere Protokollführung. Hier wird also u. a. explizit dem Ziel (2) nach Haller (1999) entsprochen, aber auch erneut die *Kommunikationskompetenz* angesprochen.

Die KapVO (2012) konstatiert, dass interne Praktika in den Naturwissenschaften dazu dienen, den in der Vorlesung bzw. Übung behandelten Stoff durch Anwendung von Methoden an einem realen experimentellen Aufbau zu erproben (ebd., S. 83). Dabei sollen selbstständig Fragestellungen erarbeitet, Methoden und Kenntnisse angewandt und Problemlösungen gefunden werden, allerdings unter Anleitung. Auch Hofstein (2004) sieht das Problemlösen als Bestandteil der Praktika. Mit kompetenzorientiertem Blick geht es dabei explizit um das Erlernen praktischer und analytischer Fähigkeiten.

Es kann insgesamt festgehalten werden, dass mit Praktika sehr viele unterschiedliche Ziele verfolgt werden, dass sich aber auch je nach Quelle die Ziele unterschiedlich gewichten lassen. Übergreifender Schwerpunkt ist die Forderung nach einer Förderung von experimenteller Kompetenz.⁴ Die Zielkatego-

² Hofstein (2004) sieht konstruktivistisches inhaltliches Lernen als Stärke von Praktika an.

³ Hauptziel nach Diemer et al. (1998, S. 11)

⁴ Die theoretischen Modelle experimenteller Kompetenz (z. B. Schreiber, 2012) und der Erkenntnisgewinnungskompetenz (z. B.

rien nach Haller (1999) bieten einen guten Referenzpunkt, da sie alle wesentlichen Zielsetzungen umfassen und eine der wenigen fächerübergreifenden Untersuchungen darstellen. Ergänzt werden sollte dieser Katalog gemäß den offiziellen Zielempfehlungen und Studienordnungen um kommunikative und kooperative Kompetenzen, Motivation und Selbstorganisation.

Auf die Zielsetzungen von Praktika wird auch in der folgenden Modellierung der Qualität von Praktika mit dem 3L-Modell eingegangen (vgl. 1.3).

1.2. Bisherige Befunde zu Praktika im deutschsprachigen Raum

In der nachfolgenden Übersicht wird zunächst wenig auf die vergleichsweise vielen internationalen Publikationen Bezug genommen, da die unterschiedlichen Bildungssysteme eine schlechte Übertragbarkeit der Erkenntnisse zeigen (Heine, Briedis, Didi, Haase & Trost, 2006).

Die Kernziele von Praktika sind wie in 1.1 dargestellt das Verknüpfen von Theorie und Praxis (Fachwissen und Erkenntnisgewinnung), das Erlernen experimenteller Fähigkeiten (Erkenntnisgewinnung) und das Kennenlernen von Methoden wissenschaftlichen Denkens (Erkenntnisgewinnung und Bewertung), sowie die adäquate Kommunikation derselben in einer in Teilen selbstorganisierten Lehrveranstaltung. Die Ausgestaltung der bisherig realisierten Standard-Praktika steht dem Kompetenzzuwachs allerdings oft im Weg.

So wird vermutlich aus organisatorisch-ökonomischen Gründen oft fast der gesamte Erkenntnisgewinnungsprozess schriftlich im Skript vorgegeben; das gilt als »rezeptartiges« Arbeiten (Hucke, 1999, S. 10; Kreiten, 2012, S. 13; Ruickoldt, 1996, S. 1024). Weiterhin wird die Beschäftigung mit nicht-kontextbezogener Theorie über- und die Beschäftigung mit Praxis in der Vorbereitung unterbetont (Hucke, 1999, S. 126; Kreiten, 2012, S. 183-185; Nagel, 2009, S. 41; Theyßen, 2000, S. 63-69). Das Reproduzieren gegebener Sachverhalte scheint das implizite Ziel des Versuchs zu sein (Hucke, 1999, S. 12), was einem konstruktivistischen Lernprozess und dem Erlernen experimenteller Kompetenz als Ganzes (inkl. Hypothesenbildung, Explorieren, kritischer Interpretation etc.) widerspricht (Sander, 2000, S. 32; Tiberghien et al., 1998, S. 496). Die Beschäftigung mit Theorie wird zudem

oft zu stark geprüft, mit Folgen für den Prüfungsdruck und damit für die Motivation (Haake & Müller, 2011, S. 542; Kreiten, 2012, S. 41-42; Rehfeldt, Mühlenbruch & Nordmeier, 2014; Theyßen, 2000, S. 5). Die Anforderungen der Lehrveranstaltung werden zu wenig auf das Niveau der Studierenden angepasst, was Untersuchungen zu schlechter Skriptpassung (Kreiten, 2012, S. 183-185; Nagel, 2009, S. 41-42) und dem geringem Vorwissen der Studierenden (Kissmann, Müller, Schumacher & Theyßen, 2010; Kreiten, 2012, S. 41-34; Theyßen, 2000, S. 5) aufzeigen. Die positive Entwicklung des Fachwissens ist damit auch fraglich. Das Skript stellt für die Theorie und die Durchführung das zentrale Medium im Praktikum dar. In der Durchführung hat die Theorie aber wenig Platz, fast die gesamte Zeit geht es um das Manipulieren von Geräten (Hucke, 1999, S. 93).

Mit dem wöchentlichen Schreiben eines Versuchsprotokolls wird die ohnehin schon lang ausfallende Präsenzzeit um weitere Stunden in Heimarbeit verlängert; die zeitliche Arbeitsbelastung ist oft hoch (Metzger, Ladstätter-Weissenmayer, Heyken, Schulmeister & Radmacher, 2012) oder es werden Protokolle abgeschrieben. Die Protokolle selbst werden ebenfalls bemängelt (Lammertz & Heinke, 2014); der Erwerb schriftlicher Kommunikationskompetenz ist damit ebenfalls anzuzweifeln. Insgesamt berichten Studien von geringen Lernerfolgen der Studierenden während der Präsenzzeit, sowohl im Fachwissen (Hucke, 1999, S. 126, 132, 149) als auch in der experimentellen Kompetenz. Das Erlernen von Hypothesenbildung scheint kaum möglich (Kreiten, 2012, S. 183-185; Nagel, 2009, S. 41; Theyßen, 2000, S. 63, 69). Auch experimentelle Methode werden wenig gefördert (Frühwein & Heinke, 2007; Hucke, 1999, S. 10-12; Ruickoldt, 1996, S. 1023).⁵ Best-practice-Interventionen zeigen aber auch, dass der Erwerb von Fachwissen (z. B. Nagel, 2009; Neumann, 2004) und von experimentellen Fähigkeiten (z. B. Neumann, 2004; Theyßen, 2000) in Praktika erreicht werden kann, sofern eine Umstrukturierung des Praktikums und/oder des Skriptmaterials erfolgt. Auch die noch stärker von Problemen belasteten Nebenfach-Praktika sind mit entsprechenden Interventionen deutlich adressatengerechter zu gestalten (Plomer, 2011; Theyßen, 2000).

Insgesamt fällt bezüglich des Forschungsstands allerdings auf, dass die wenigen empirischen Studien ausschließlich ihr lokales Praktikum analysierten, was zu wenig verallgemeinerbaren Resultaten führt. An dieser Stelle soll deutlich werden, dass eine gemeinsame theoretische Modellierung und eine Methode zum Vergleich dieser Praktika nützlich wäre, um die Erkenntnisse besser zusammenfassen zu

Mayer, 2007) sind in gewissen Teilen vergleichbar, nämlich dort, wo die Handlungen vor, während und nach einem Experiment modelliert werden. So umfassen die »Naturwissenschaftlichen Untersuchungen« nach Mayer (2007, S. 181) die vier Prozeduren „Naturwissenschaftliche Fragen formulieren“, „Hypothesen generieren“, „Untersuchungen planen“ und „Daten analysieren/Schlussfolgerungen ziehen“. Beim Modell Schreibers kann dies mit den Konstrukten „Fragestellung entwickeln“, „Hypothese bilden“, „Versuchsplan entwerfen“ und „Messdaten aufbereiten/Ergebnis interpretieren“ assoziiert werden. Nach Messick (1995) entspricht dies „theoretical evidence“ für eine Ähnlichkeit der Modelle und damit der zu messenden Konstrukte.

⁵ Das Lehrkonzept »Praktikum« könnte hinsichtlich dieser bekannten Schwächen grundsätzlich hinterfragt werden.

können. Die ohnehin in Hochschulen etablierte Kultur der Lehrevaluation kann hierfür ein Anker sein.

1.3. 3L-Modell der Praktikumsqualität und PraQ-Instrument

Seit der Bologna-Reform ist die Überprüfung und Weiterentwicklung im Bereich der Lehre an den Hochschulen allgemeine Praxis (z. B. Friedrich, 2005; Hopbach, 2007). Zentrales Prüfinstrument ist neben der Studiengangakkreditierung die interne Evaluation. Allerdings mangelt es an einer theoretischen Fundierung und Passung der meisten Evaluationsinstrumente und infolgedessen auch an der Akzeptanz derselben (Csonka, 2014). Für Vorlesungen und Seminare wurden bereits solche Instrumente zur fächerübergreifenden Lehrevaluation konstruiert und validiert (z. B. Braun, Gusy, Leidner & Hannover, 2008; Thiel, Blüthmann & Watermann, 2012).

Für naturwissenschaftliche Praktika fehlte bislang ein solches Instrument. Für Praktika wäre eine passgenaue und aussagekräftige Lehrevaluation also noch zu konzipieren.

In dem Zusammenhang wurde 2015 ein theoretischer Rahmen und ein Instrument für die Erfassung von Qualität von Praktika entwickelt und validiert (Rehfeldt & Nordmeier, 2016a, 2016b):

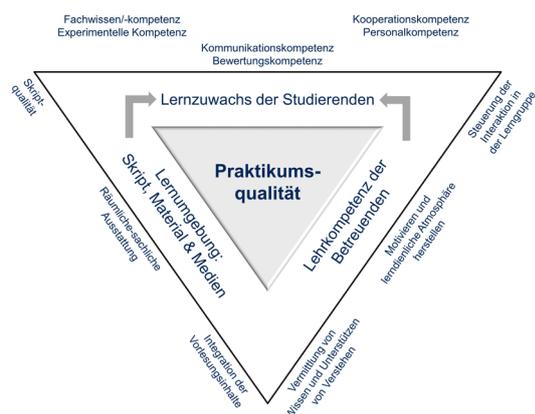


Abb. 1: Theoretisches 3L-Modell der Praktikumsqualität in drei Dimensionen: Lernzuwachs, Lehrkompetenz und Lernumgebung. Lehrkompetenz und Lernumgebung wirken hypothetisch auf den Lernzuwachs ein.

Der erste Schritt für die Erfassung von praktikumsrelevanten Facetten bestand in der literaturgestützten Erarbeitung dieses Modells der Praktikumsqualität (Abb. 1). In dem 3L-Modell sind folgende Qualitätsdimensionen definiert: der Lernzuwachs als Kompetenzerwerb der Studierenden, die didaktische und pädagogische Lehrkompetenz der Betreuenden und die Lernumgebung von Praktika (Rehfeldt & Nordmeier, 2016b).

Das Modell ist allgemein »naturwissenschaftlich« gehalten, so dass die Qualität von Anfängerpraktika der Fächer Physik, Chemie, Biologie und Veterinärmedizin modelliert werden kann.

Die Ziele von Praktika (vgl. 1.1) sind vor allem in die Dimension "Lernzuwachs" eingeflossen, die deutschsprachige Praktikumliteratur und die Strukturierung von Evaluationen nach Blüthmann (2012, S. 18-22) lieferten die anderen zwei Dimensionen.

Das auf diesem Modell basierende Instrument zur Erfassung der Praktikumsqualität (PraQ) basiert auf für Lehrevaluationsinstrumente üblichen Ratingskalen für Studierende. Mittels Selbsteinschätzung der Kompetenzzuwächse, Fremdeinschätzung der Lehrkompetenz des/der Betreuenden und Bewertung der Lernumgebung werden in insgesamt 30 Skalen Indikatoren für die Praktikumsqualität gemessen. Dabei wurde das Instrument aus Gründen der Testökonomie zweigeteilt in PraQ-A (Lernzuwachs) und PraQ-B (Lehrkompetenz & Lernumgebung).⁶⁷

1.4. Physik- und Chemiepraktika, Semester- und Blockpraktika

Die erste Studie des Autors unter Einsatz des neuen Instruments betraf den Vergleich zwischen Physik- und Chemiepraktika, um aus den jeweiligen Stärken Rückschlüsse für Optimierungen der Praktika zu ziehen. Chemiepraktika weisen erfahrungsgemäß einen höheren Grad an selbstständigem Aufbau von Experimenten auf, welches (positive) Konsequenzen für den Lernzuwachs haben kann und für Physikpraktika eine lohnenswerte Praxis darstellen kann, die mit einer Studie empirisch untermauert werden könnte.

Zu Unterschieden der Lehrqualität zwischen Chemie- und Physikpraktika liegt bisher keine Studie vor, weder national noch international. Aus den Eigenschaften von Physik- und Chemiepraktika sowie den empirisch erhobenen Charakteristika der Fachpraktika lassen sich allerdings einige Hypothesen aufstellen. Die Hypothesen werden hier teils mit Vorgriff auf die Stichprobenbeschreibung aufgestellt.

Die Lehrveranstaltungsform »Praktikum« wird zudem klassischerweise auch manchmal als Blockveranstaltung angeboten. Ein Blockpraktikum findet meist in der vorlesungsfreien Zeit statt, wobei die gleichen Versuche durchgeführt werden wie im Semester-Pendant. Es liegen allerdings noch keinerlei Hinweise oder Befunde vor, die einen Einfluss dieser anderen Organisationsform auf die Praktikumsqualität erörtern.

Es ist bisher unklar, ob die Vorteile einer mutmaßlich starken Fokussierung auf die Praktikumsarbeit über mehrere ganze Tage hinweg (Blockpraktikum)

⁶ Natürlich kann je nach Ziel- und Schwerpunktsetzung eines jeden Praktikums eine andere Gewichtung dieser Qualitätsdimensionen vorgenommen werden. Dies ist den Praktikumsleitenden in der Interpretation ihrer Evaluationsergebnisse mitzuteilen.

⁷ Im Anhang sind Skalennamen, Beispieltitems und Reliabilität der Skalen zu finden, die Entstehung und Validierung des Instruments wird bei Rehfeldt & Nordmeier (2016b) weiter ausgeführt.

überwiegen oder eher die Nachteile, beispielsweise einer Verdichtung des Präsenzzeit-Heimarbeiters-Verhältnisses.

Weitere Erkenntnisse kann also ein Vergleich zwischen Block- und Semesterpraktika liefern, um herauszufinden, welche Organisationsform Praktika im Idealfall haben sollten.

2. Forschungsfragen und Hypothesen

Übergeordnetes Ziel der folgenden Studien ist die Testung, ob mittels des neuen Instruments Unterschiede der Lehrqualität verschiedener Praktika nachweisbar sind.

FF1: Was sind Unterschiede zwischen Chemie- und Physikpraktika in Bezug auf die Praktikumsqualität?

Explorativ werden hierbei alle erhobenen Konstrukte auf Unterschiede hin analysiert. Gerichtete Hypothesen lassen sich (aufgrund der Ermangelung von Quellen) auf Basis von Argumentationen und der Zusammensetzung der Stichprobe (vgl. Tab. 1) treffen.

So wird gemäß Stichprobe in Physikpraktika deutlich häufiger »zu zweit« gearbeitet, als allein die Versuche zu absolvieren, was *Kooperation* fördern kann (sog. Tandemarbeit, vgl. Hypothese a). Ebenso der Stichprobenbeschreibung zu entnehmen ist, dass die erfassten Chemiepraktika deutlich häufiger eine Begleitvorlesung aufwiesen, was die *Integration* fördern kann (vgl. Hypothese c).

Physikpraktika weisen oftmals voraufgebaute Experimentiereinheiten auf, während dies bei einigen Chemiepraktika-Versuchen aufgrund des schrittweisen Umgangs mit Chemikalien seltener möglich ist. Dies kann zur Folge haben, dass das *Aufbauen einer Versuchsanordnung* in Chemiepraktika stärker geschult wird (vgl. Hypothese b). Zudem wird in Chemie-Grundpraktika nach Aussagen in den fünf Expert*innen-Interviews der Studie zur Inhaltsvalidität sehr selten quantitativ gearbeitet, während dies in Physikpraktika üblich ist, und daher dort auch besser gefördert werden sollte (vgl. Hypothese d).

Hypothesen:

- Die *Kooperationskompetenz* wird in Physikpraktika stärker gefördert als in Chemiepraktika.
- Geräte auswählen und Versuchsanordnung aufbauen (experimentelle Kompetenz)* wird gemäß Forschungslage in Physikpraktika eher geringer ausfallen (vgl. auch Argumentation Studie 5 in Rehfeldt, 2018).
- Für Physikpraktika wird die *Integration* der Vorlesung geringer ausgeprägt sein als für Chemiepraktika.
- Für Physikpraktika wird die Teilkompetenz *Rohdaten graphisch und tabellarisch darstellen (experimentelle Kompetenz)* höher ausfallen als für Chemiepraktika.

FF2: Was sind Unterschiede zwischen Block- und Semesterpraktika in Bezug auf die Praktikumsqualität?

Da in Semesterpraktika (theoretisch je nach Workload anderer Lehrveranstaltungen) mehr Heimarbeiterszeit für die theoretische Einarbeitung vor dem Praktikumsversuch und die Nachbereitung mit Auswertung, Protokollerstellung und Reflexion besteht, werden dort diejenigen Konstrukte, die diese Phasen tangieren, vermutlich höher ausfallen.

- Das Konstrukt *experimentelle Kompetenz: Rohdaten graphisch, tabellarisch darstellen* wird in Semesterpraktika stärker gefördert als in Blockpraktika.
- Das Konstrukt *experimentelle Kompetenz: Daten interpretieren* wird in Semesterpraktika stärker gefördert als in Blockpraktika.
- Das *theoretische Fachwissen* wird in Semesterpraktika stärker gefördert als in Blockpraktika.
- Die schriftliche Kommunikation verbessert sich in Semesterpraktika mehr als in Blockpraktika.

Durch den höheren Zeitdruck für die oft notenrelevanten Protokolle in Blockpraktika könnte sich dort zudem ein negativer Effekt auf das Interesse ergeben, da dieses durch Arbeitsbelastung und Erfolgsdruck negativ beeinflusst wird (Deci, 1993, S. 233):

- Die Förderung intrinsischer Motivation gelingt in Semesterpraktika besser als in Blockpraktika.

Auf der anderen Seite spricht für Blockpraktika, dass durch die starke zeitliche Verdichtung der Lehrveranstaltung ein gutes Zeitmanagement gefragt ist und dadurch ggf. auch erlernt werden kann:

- Die Fähigkeit zum Zeitmanagement entwickelt sich in Blockpraktika besser als in Semesterpraktika.

Hingegen ist für die Lehrkompetenzkonstrukte und Skriptqualität zu vermuten, dass diese keine systematischen Unterschiede zwischen Semester- und Blockpraktika aufweisen, da die Interaktionszeiten der Studierenden mit dem/der Betreuenden und mit dem Skript etwa gleich ausfallen dürften:

- Weder für die Konstrukte der Lehrkompetenz, noch für die Konstrukte der Lernumgebungsqualität gibt es Unterschiede zwischen Semester- und Blockpraktika.

3. Methode

3.1. Durchführung

Für die Gewinnung von Proband*innen in Praktika wurden Websites der Universitäten besucht und praktikumsleitendes Personal direkt per E-Mail angeschrieben, teilweise auch betreuendes Personal. Über persönliche Kontakte innerhalb der Fachdidaktiken (hauptsächlich Physik) konnten weitere Praktika rekrutiert werden. Eine Teilnahme an der Praktikumsleitertagung »DPG-Schule« der AG Physikalische Praktika in 2015 lieferte weitere Kontakte. Eine

Stichprobenverzerrung kann sich dadurch ergeben haben, dass die Teilnahme freiwillig und ohne monetäre Anreize verlief, allerdings lassen Zusagequoten von 95% der Physikpraktika und 66% der Chemiepraktika sowie Rücklaufquoten der Studierenden von über 70% für jedes Praktikum auch Gegenteiliges vermuten.

Es wurde in den Praktika jeweils wunschgemäß (Praktikumsleiter*in) entweder das Instrument A oder das Instrument B zur Durchführung der Erhebung ausgehändigt. Die Erhebung fand meist im Anschluss an das theoretische Kolloquium zu Beginn der Präsenzzeit statt und dauerte ca. 15 min.

Für Erhebungen im Berlin-Brandenburger Raum und in Wuppertal wurde durch den Erstautor sprachlich standardisiert selbst erhoben. Alle weiteren Standorte bekamen das Material per Post oder E-Mail, inklusive Durchführungsmanualen für Praktikumsleiter*innen (Koordination) und Praktikumsbetreuer*innen (Erhebung). Die Manuale enthielten Anmerkungen zur Form der Erhebung, zur Verteilung der Durchführungsanreize und zum Datenschutz. Um Effekte sozialer Erwünschtheit zu minimieren, wurde bezüglich des PraQ-B stets der/die in der letzten Woche erlebte Betreuende bewertet, also nicht der/die bei der Erhebung Anwesende. Zudem wurde darauf geachtet, dass sich der/die aktuell Betreuende nach Möglichkeit nicht im selben Raum befand. Die Erhebungen der Studie fanden jeweils am Ende des Wintersemesters 2014/2015 und des Sommersemesters 2015 statt.

3.2. Stichprobe

Grundsätzlich kamen Teil A und Teil B des Testinstruments nicht in den gleichen Praktika zum Einsatz, was Einschränkungen der Interpretationen auf Basis von Stichproben-Argumenten bedeutet. Dies wiederum führte auch zu teils unterschiedlichen Hypothesen.

3.2.1. Physik- und Chemiepraktika

PraQ-A: Für den PraQ-A bestand die Stichprobe aus $N = 563$ Studierenden in Physik- und $N = 93$ Studierenden in Chemiepraktika. Erhoben wurde in Chemie- und Physikpraktika der Standorte Humboldt-Universität zu Berlin, Freie Universität Berlin, sowie in Physikpraktika an den Standorten Universität Wien, Universität Kiel, Universität Tübingen, Universität Köln, LMU München, Universität Potsdam, Universität Aachen und Bergische Universität Wuppertal. Für die Ergebnisse der Messung kann argumentiert werden, dass diese eine gute Generalisierbarkeit über naturwissenschaftliche Praktika in Physik und mit Abstrichen in Chemie in ganz Deutschland aufweisen. Die Verallgemeinerbarkeit ist naheliegend, da der Datensatz groß (zwölf Physikpraktika, fünf Chemiepraktika), die Messsituationen authentisch und übertragbar ist, und die Stichproben relativ verzerrungsfrei die Lehrrealität in vielen Praktika in Deutschland abbilden (AERA, APA & NCME, 2014, S. 18). Es existieren 52 Physikprakti-

kums-Standorte gemäß Liste der AG Physikalische Praktika der DPG (Runge, 2016). Die allgemeine Übertragbarkeit der nachfolgenden Ergebnisse auf den gesamten deutschen Sprachraum kann damit für die Physik berechtigt angenommen werden.

Den Unterschied der Charakteristika zwischen Physik- und Chemiepraktika zeigt Tabelle 1.

Fachpraktikum	Block	Tandem	baugleich	fachfremd	weiblich	Semester
Physik	16%	99%	90%	47%	33%	3.0 (1.4)
Chemie	61%	50%	49%	0%	35%	3.2 (1.6)

Block: War es ein Blockpraktikum?

Tandem: Wurde in Tandems gearbeitet?

baugleich: Waren die Experimente baugleich mehrfach angeboten?

fachfremd: Anteil fachfremder Studierender im Fachpraktikum

weiblich: Anteil weiblicher Studierender

Semester: Fachsemester: $M(SD)$

Tab. 1: Gegenüberstellung von Physik- und Chemiepraktika für die Stichprobe des PraQ-A. 86% aller Studierenden besuchte ein Physikpraktikum ($N = 563$, zwölf Physikpraktika), 14% ein Chemiepraktikum ($N = 93$, fünf Chemiepraktika).

Diese Aufschlüsselung dient der Exploration der Eigenschaften von Chemie- und Physikpraktika im Allgemeinen und liefert erste Daten zu einer systematischen Untersuchung der Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Fachpraktika.

PraQ-B: Für den PraQ-B ergaben sich $N = 368$ Studierende in Physikpraktika (sechs Praktika) und $N = 31$ Studierende in Chemiepraktika (zwei Praktika).

Da für diesen Studienteil nur zwei Chemiepraktika gewonnen werden konnten, ist die Repräsentativität der Ergebnisse dieses Studienteils (4.1.2) nicht ausreichend gegeben.

Erhoben wurde im Chemiepraktikum und in zwei Physikpraktika der Freien Universität Berlin, dem Chemiepraktikum der Bergischen Universität Wuppertal, sowie in Physikpraktika an den Standorten Universität Wien, Universität Tübingen, Universität Köln und Universität Potsdam. Den Unterschied der Charakteristika zwischen Physik- und Chemiepraktika zeigt Tabelle 2.

Im PraQ-B sind speziell die Fragen nach dem Vorhandensein eines Praktikumskripts und einer Begleitvorlesung relevant, da diese dort erforscht werden. Ein Skript scheint in beiden Fachpraktikagruppen verbreitet zu sein, dagegen ist für Chemiepraktika deutlich häufiger (83%) eine Begleitvorlesung vorgesehen als für Physikpraktika (44%, vgl. Hypothese c). Einschränkend ist hier auf die geringe Stichprobengröße für Chemiepraktika zu verweisen.

Fachpr	Block	Tandem	baugleich	fachfremd	Skript	B-VL	weibl	Sem
Physik	15%	93%	96%	43%	84%	42%	33%	3.0 (1.4)
Chemie	4%	47%	39%	14%	65%	78%	35%	3.2 (1.6)

Fachpr: Fachpraktikum

Block: War es ein Blockpraktikum?

Tandem: Wurde in Tandems gearbeitet?

baugleich: Waren die Experimente baugleich mehrfach angeboten?

Skript: Gab es ein Skript?

B-VL: Existierte eine Begleitvorlesung?

fachfremd: Anteil fachfremder Studierender im Fachpraktikum

weibl: Anteil weiblicher Studierender

Sem: Fachsemester: $M(SD)$

Tab. 2: Gegenüberstellung von Physik- und Chemiepraktika für die Stichprobe des PraQ-B. 92% der Studierenden besuchten ein Physikpraktikum ($N = 368$, sechs Praktika), 8% ein Chemiepraktikum ($N = 31$, zwei Praktika). Fehlende Werte wurden in die prozentuale Berechnung miteinbezogen. Die neuen Charakteristiken *Skript* und *B-VL* (*Begleitvorlesung*) sind nur für die Konstrukte *Skriptqualität* und *Integration* des PraQ-B relevant.

3.2.2. Block- und Semesterpraktika

Da nur für Physikpraktika eine genügend große Stichprobe für die MIMIC-Strukturgleichungsanalyse (Brown, 2006, S. 305ff) vorlag, wird sie hier aus Gründen der Analysegenauigkeit auf die Stichprobe der Physikstudierenden (Studierende der Physik bzw. Physik im Lehramt) in Physikpraktika beschränkt.

PraQ-A: Für den PraQ-A bestand die Stichprobe aus $N = 290$ Physikstudierenden in Physikpraktika, davon besuchten $N = 77$ Studierende ein Blockpraktikum (fünf Praktika), $N = 207$ ein reguläres Semesterpraktikum (acht Praktika).

Erhebungsstandorte waren die Humboldt-Universität zu Berlin, die Freie Universität Berlin, die Universität Wien, die Universität Kiel, die Universität Tübingen, die Universität Köln, die LMU München, die Universität Potsdam, die Bergische Universität Wuppertal und die Hochschule Trier. Genauer beschreibt Tabelle 3 die Stichprobe.

Praktikumstyp	Tandem	baugleich	weiblich	Semester
Semester	99%	84%	25%	3.3 (1.6)
Block	100%	99%	30%	2.8 (1.1)

Tandem: Wurde in Tandems gearbeitet?
 baugleich: Waren die Experimente baugleich mehrfach angeboten?
 weiblich: Anteil weiblicher Studierender
 Semester: Fachsemester: $M(SD)$

Tab. 3: Gegenüberstellung von Semester- und Blockpraktika für die Stichprobe des PraQ-A. $N = 207$ Studierende besuchten ein Semesterpraktikum (acht Praktika), $N = 77$ besuchten ein Blockpraktikum (fünf Praktika). Es handelt sich um Physikstudierende und Physik-Lehramts-Studierende in Physikpraktika.

PraQ-B: Am PraQ-B nahmen $N = 185$ Physikstudierende in sechs Physikpraktika teil. Dafür konnten Praktika der Humboldt-Universität zu Berlin, der Freien Universität Berlin, der Technischen Universität Berlin, der Universität Wien, der Universität Tübingen und der Universität Trier gewonnen werden.

Praktikumstyp	Tandem	baugleich	Skript	Begleit-VL	weiblich	Semester
Semester	90%	98%	81%	29%	25%	2.6 (1.0)
Block	96%	92%	97%	21%	36%	3.7 (1.1)

Tandem: Wurde in Tandems gearbeitet?
 baugleich: Waren die Experimente baugleich mehrfach angeboten?
 Skript: Gab es ein Skript?
 Begleit-VL: Existierte eine Begleitvorlesung?
 weiblich: Anteil weiblicher Studierender
 Semester: Fachsemester: $M(SD)$

Tab. 4: Gegenüberstellung von Semester- und Blockpraktika für die Stichprobe des PraQ-B. $N = 156$ Studierende besuchten ein Semesterpraktikum (fünf Praktika), $N = 29$ ein Blockpraktikum (ein Praktikum). Es handelt sich um Physikstudierende und Physik-Lehramts-Studierende in Physikpraktika.

Tabelle. 4 verdeutlicht weitere Eigenschaften der Praktika und Studierenden. Da für die Studie nur ein Blockpraktikum zur Verfügung stand, kann mensch nicht von einer repräsentativen Stichprobe ausgehen (siehe 4.2.2).

3.3. Instrumente

Als Messinstrument wurde den Proband*innen der Studie entweder der PraQ-A oder der PraQ-B vorgelegt. Modellgemäß enthält der PraQ-A eine Skala zum Fachwissen in der Theorie und in der Praxis, mehrere Skalen zu den Schritten des Erkenntnisgewinnungsprozesses, Skalen zu schriftlicher und mündlicher Kommunikationskompetenz etc.

Der PraQ-B beinhaltet Skalen zu didaktischen und pädagogischen Fähigkeiten des/der Betreuenden sowie zur Gestaltung der Lernumgebung in Praktika, etwa dem Skript. Technisch sind die Items der Skalen likertskaliert und endpunktbenannt von 1 (stimme völlig zu) bis 6 (stimme gar nicht zu).

Die Skalen weisen gemäß Validierungsstudien (Rehfeldt, 2018; Rehfeldt & Nordmeier, 2016b) eine valide Interpretierbarkeit in multiplen Richtungen auf. So ergab sich, dass die Skalen für Praktika inhaltlich relevant waren; strukturell waren sie sowohl in der explorativen als auch in einer konfirmatorischen Faktorenanalyse robust. Zusammenhänge mit unerwünschten Einflüssen wie dem stark affektiv geprägten Praktikumssozialklima fielen gering bis nicht signifikant aus, Zusammenhänge zwischen

Expert*innenurteilen und Studierendenurteilen fielen stark aus. Lediglich ein direkter Zusammenhang zwischen Erkenntnisgewinnungskompetenz gemäß Leistungstest und gemäß Skalen fiel bislang schwach aus.

Die Reliabilitäten der Skalen (vgl. Anhang) sind mit Raykova's $\rho \in [.66, .93]$ und $\bar{\rho} = .87$ als gut bis sehr gut zu bezeichnen.

3.4. Auswertungsmethode

Um die Forschungsfragen 1 und 2 adäquat beantworten zu können, sollte laut (AERA et al., 2014, S. 13-16) eine Messinvarianz zwischen Studierenden in Chemie- und Physikpraktika bezüglich der PraQ-Konstrukte nachgewiesen werden, genauso wie eine Messinvarianz zwischen Studierenden der Block- und Semesterpraktika.

Die Items des PraQ müssen in beiden Gruppen jeweils die gleiche Rolle in Bezug auf das zu messende Konstrukt einnehmen, also in Bezug auf das jeweilige Konstrukt strukturell gleich verstanden werden. Statistisch spricht man von Messinvarianz bzw. bei unterschiedlichem »Funktionieren« von Items von DIF (differential item functioning). Aufgrund der gerade in Chemiepraktika mittelgroßen bis geringen Stichprobe wurde sich für das MIMIC-Verfahren entschieden (benötigt $N \in [100; 150]$, Brown, 2006, S. 305), mit dem DIF untersucht werden kann und nicht für das klassische Verfahren der stufenweisen Analyse der Messinvarianzen (benötigt $N \in [100; 150]$ je Gruppe, Brown, 2006, S. 305). Nachteil am MIMIC-Verfahren ist die automatische Annahme, dass Faktorladungen (Item-Konstrukt-Beziehung), Fehler(ko)varianzen (Item-Item-Beziehung) und Faktor(ko)varianzen (Faktor-Faktor-Beziehung) über Gruppen hinweg gleich sind (Brown, 2006, S. 305ff), was es in multi-group-Verfahren eigentlich erst nachzuweisen gilt. Das MIMIC-Verfahren bietet darüber hinaus aber den Vorteil, dass es für ungleiche Gruppengrößen bessere Schätzungen liefert als das klassische multi-group-Verfahren (Brown, 2006, S. 305ff).

Kern der MIMIC-Analyse sind Regressionen der Gruppenvariablen (dichotom: Chemie/Physik bzw. Block/Semester) auf die Itemausprägungen (DIF-Analyse) und auf die Faktoren (Gruppenunterschiede). Für die DIF-Analyse wird bei plausiblen inhaltlichen Argumenten der Einfluss der Gruppenvariablen auf das betreffende Item zugelassen (»befreit«), es handelt sich dann bei der betreffenden Skala nur noch um partielle Messinvarianz. Erweitert werden kann die Analyse um relevante Kovariaten, deren Einfluss dann in der Bestimmung der Gruppenunterschiede kontrolliert werden kann. Untersucht wurden Einflüsse des Fachsemesters der Studierenden, ihres selbst berichteten theoretischen und praktischen Vorwissens und des Geschlechts der Studierenden.

4. Ergebnisse

4.1. Studie 1: Unterschiede zwischen Chemie- und Physikpraktika

4.1.1. PraQ-A: Lernzuwachs

Messinvarianz: Die DIF-Analyse ergab für insgesamt vier Items einen inhaltlich auf Basis der Iteminhalte begründbaren DIF, der in das Modell implementiert wurde, also dort die ursprüngliche Fixierung des Gruppen-Regressionsparameters Chemie-/Physikpraktika auf Null aufgehoben und der Parameter geschätzt wurde. Zwei Items waren hierbei Bestandteil der Skala *experimentelle Kompetenz: mit Problemen und Fehlern umgehen* mit je einem halben bzw. einem Drittel Skalenpunkt Unterschied zugunsten von Physikpraktika. Die anderen beiden DIF-Items waren den Skalen *Zeitmanagement* und *experimentelle Kompetenz: Gerätekenntnisse deklarativ* zugeordnet.

Für die betreffenden Faktoren liegt durch das Freisetzen der entsprechenden Parameter lediglich eine partielle Messinvarianz vor.

Gruppenunterschiede: Die Ergebnisse des MIMIC-Modells (Fit: $CFI^8 = .93$, $RMSEA^9 = .04$, $SRMR^{10} = .04$) zeigen sechs Faktoren, die systematische Gruppenunterschiede zwischen Chemie- und Physikpraktika nach Kontrolle der Kovariaten aufweisen (Abb. 2)

In Physikpraktika fallen die Konstrukte der experimentellen Kompetenz, *Rohdaten aufbereiten* ($d = -0.44$), *Messungen durchführen* ($d = -0.26$), *Probleme lösen* ($d = -0.45$), *Messungen dokumentieren* ($d = -0.34$) höher aus, mit kleiner Effektstärke (Cohen, 1988). Die *innerfachliche Bewertungskompetenz* fällt ebenso in Physikpraktika im Mittel höher aus, mit kleinem Effekt ($d = -0.27$). Des Weiteren ist die Ausprägung des Konstrukts *Kommunikationskompetenz schriftlich* in Physikpraktika höher ausgeprägt als in Chemiepraktika ($d = -0.44$).

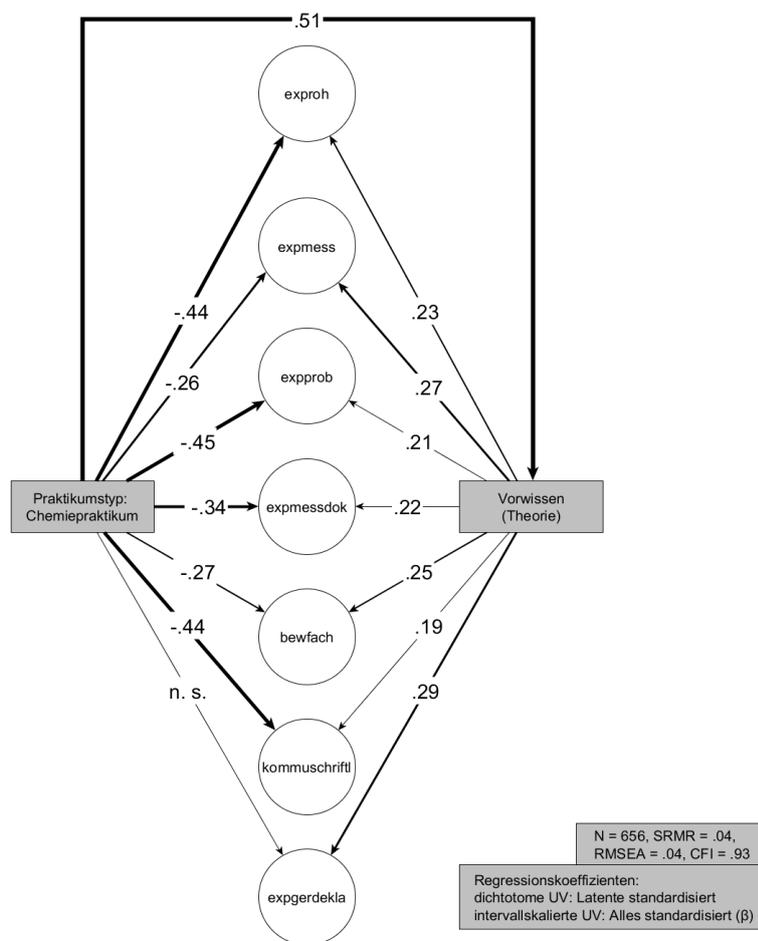
Bezieht man die oben beschriebenen Kovariaten mit in die MIMIC-Analyse ein und kontrolliert für diese (Abb. 2), so ergeben sich nur für die Kovariate *Vor*

⁸ Der CF-Index vergleicht die Schätzergebnisse eines sogenannten "Nullmodells", bei dem alle Einflussbeziehungen und Kovarianzen zwischen den Variablen auf Null gesetzt sind, mit den Ergebnissen aus der Schätzung des vom Forscher spezifizierten Alternativmodells (verändert nach Urban & Mayerl, 2014, S. 94).

⁹ Der RMSEA-Index informiert darüber, wie stark der Fit einer bestimmten Modellschätzung vom Fit einer perfekten Modellschätzung abweicht. Dazu berichtet

der Index die Diskrepanz zwischen modellspezifisch geschätzter und empirisch beobachteter Kovarianzmatrix [...] (Urban & Mayerl, 2014, S. 96).

¹⁰ Der SRMR-Index fasst die Informationen über die Residuen einer Modellschätzung in einem einzigen Maß zusammen. Er misst standardisiert die mittlere Differenz zwischen geschätzter und beobachteter Kovarianzmatrix (verändert nach Urban & Mayerl, 2014, S. 90).



exproh: experimentelle Kompetenz: Rohdaten graphisch, tabellarisch darstellen
 expmess: experimentelle Kompetenz: Messungen durchführen
 expprob: experimentelle Kompetenz: mit Problemen und Fehlern umgehen
 expmessdok: experimentelle Kompetenz: Messungen dokumentieren
 bewfach: Bewertungskompetenz fachlich
 kommuschriftl: Kommunikationskompetenz schriftlich
 expgerdekla: experimentelle Kompetenz: Gerätekenntnisse deklarativ

Abb. 2: MIMIC-Modell zu Gruppeneffekten Chemie-/Physikpraktika des PraQ-A mit Kovariaten. Die Faktoren werden in Kreisen dargestellt, manifeste Variablen in Rechtecken. Die von dichotomen Variablen ausgehenden Regressionspfade sind berechnet für die standardisierte latente Variable und daher als Effektstärke d zu interpretieren. Regressionskoeffizienten > 0 indizieren eine höhere Ausprägung des betroffenen Faktors für Chemiepraktika. Die von der Variablen *Vorwissen (Theorie)* ausgehenden Regressionspfade sind für beide Seiten standardisiert berechnet und daher wie z -Werte in Standardabweichungen zu interpretieren. Korrelationen zwischen Faktoren werden zwecks Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

wissen (Theorie) Effekte. Interaktionseffekte zwischen der Gruppenzugehörigkeit zu Chemie- oder Physikpraktika und dem theoretischen Vorwissen waren nicht signifikant.

Der in der reinen MIMIC-Analyse signifikante und mit kleiner Effektstärke auftretende Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf den Faktor *EXP: Gerätekenntnisse deklarativ* wird nach Hinzufügen der Kovariaten *Vorwissen (Theorie)* nicht signifikant.

Eine Analyse des direkten Effekts des Praktikumsfaches auf die Kovariate *Vorwissen (Theorie)* zeigt einen signifikanten, großen Effekt. Es handelt sich also um eine Mediation des Effekts.

Zudem ergibt sich ein neuer Regressionspfad des Gruppenunterschieds, sowie ein neuer Regressionspfad des Vorwissens auf den Faktor *Bewertungskompetenz*. Es kann sich hier um einen Suppressioneffekt handeln (Eid, 2013, S. 594ff).

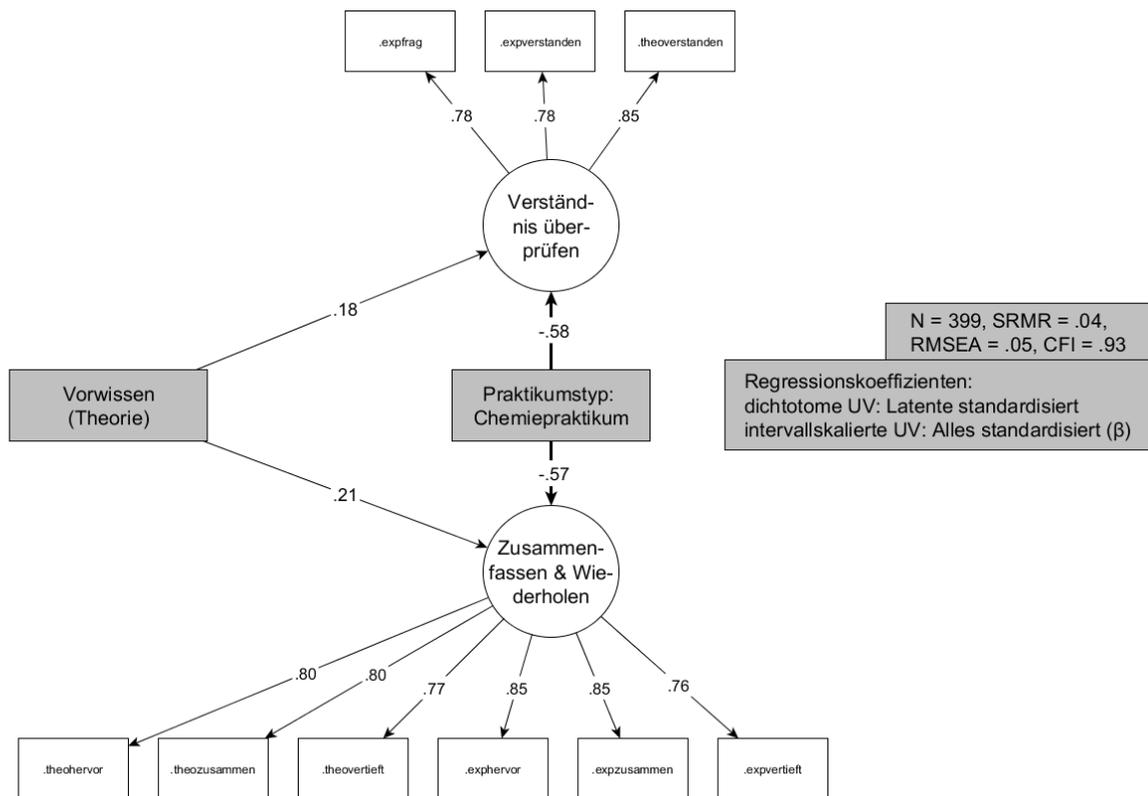


Abb. 3: MIMIC-Modell zu Gruppeneffekten Chemie-/Physikpraktika des PraQ-B mit Kovariaten. Die Faktoren werden in Kreisen dargestellt, manifeste Variablen in Rechtecken. Regressionskoeffizienten > 0 indizieren eine höhere Ausprägung des betroffenen Faktors für Chemiepraktika.

Das *theoretische Vorwissen* wirkt sich als Kovariate systematisch auf alle beschriebenen Faktoren des PraQ-A aus und bewirkt stets einen positiven Effekt auf die Faktorenausprägung mit etwa einer fünftel (0.19) bis etwa einer drittel (0.29) Standardabweichung je Erhöhung des Vorwissens um eine Standardabweichung.

4.1.2. PraQ-B: Lehrkompetenz & Lernumgebung

Messinvarianz: Von insgesamt 36 untersuchten Items des PraQ-B in 11 Faktoren traten vier substantielle DIFs auf.¹¹

Alle DIFs entsprechen ca. einem Drittel Likert-Skalenpunkt Unterschied zu Gunsten von Chemiepraktika. Dabei fallen die Items dadurch auf, dass sie den gleichen Faktor, *Lehrkompetenz: Zusammenfassen & Wiederholen*, adressieren. Für diesen liegt also eine partielle Messinvarianz vor.

Gruppenunterschiede: Für die Analyse der Faktoren und Items des PraQ-B ergibt sich für die Gruppenunterschiede zwischen Physik- und Chemiepraktika das Ergebnis in Abb. 3.

Der Modellfit fällt akzeptabel aus (Fit: $CFI = .93$, $RMSEA = .05$, $SRMR = .04$), es treten zwei systematische Gruppenunterschiede zwischen Physik- und Chemiepraktika auf. Es ergibt sich je ein mittlerer Effekt zu Gunsten von Physikpraktika für zwei Konstrukte der Lehrkompetenz: *Verständnis überprüfen* ($d = -0.58$) und *Zusammenfassen & Wiederholen* ($d = -0.57$).

Bezieht man die bereits beim PraQ-A vorgestellten Kovariaten in die Analyse mit ein, so ergeben sich erneut nur für die Kovariate *Vorwissen (theoretisch)* sehr kleine Effekte. Mediationseffekte und Interaktionen traten nicht auf.

4.2. Studie 2: Unterschiede zwischen Block- und Semesterpraktika

4.2.1. PraQ-A: Lernzuwachs

Messinvarianz: In der Analyse wurden insgesamt drei inhaltlich plausible Item-DIFs zugelassen bzw. ein direkter Effekt der MIMIC-Variablen *Block-/Semesterpraktika* auf diese Itemausprägungen geschätzt.

Der Analyse ist zu entnehmen, dass ein Item des Konstrukts *Kommunikationskompetenz schriftlich* einen substantiellen DIF zu Gunsten von Blockpraktika aufweist. In Blockpraktika fällt auch die Ausprägung eines Items des Konstrukts *experimentelle*

¹¹ Die Faktoren *Skriptqualität* und *Integration* konnten wegen hoher Anteile fehlender Werte nicht in die Analyse miteinbezogen werden.

Kompetenz: Versuchsplanung & Geräte zusammenstellen systematisch größer aus.

In Semesterpraktika ergibt sich ein systematisch höherer Wert für ein Item des Konstrukts *experimentelle Kompetenz: Gerätekenntnisse deklarativ*.

Gruppenunterschiede: Bezieht man nun die in der vorherigen Studie beschriebenen Kovariaten in die Analyse mit ein, so ergibt sich erneut nur für das *theoretische Vorwissen* ein signifikanter Modellbeitrag. Dies und die Gruppenunterschiede fasst Abb. 4 zusammen.

Die MIMIC-Modellierung weist hier erneut einen akzeptablen Modellfit auf ($CFI = .91$, $RMSEA = .05$, $SRMR = .05$).

me lösen fällt hier bei Semesterpraktika höher aus als bei Blockpraktika.

Der Einschluss der Variablen *Vorwissen (Theorie)* liefert die Erkenntnis, dass diese Variable den Einfluss des Praktikumsstyps auf *EXP: Erwartungen formulieren* vollständig mediiert.

Alle übrigen im MIMIC-Modell beschriebenen Einflüsse des Praktikumsstyps werden zudem durch Gruppenunterschiede des *theoretischen Vorwissens* partiell schwach mediiert.

Neu hinzu kommt ein kleiner direkter Gruppeneffekt auf den Faktor *EXP: Probleme lösen*. Auch hier könnte es sich um ein statistisches Artefakt handeln.

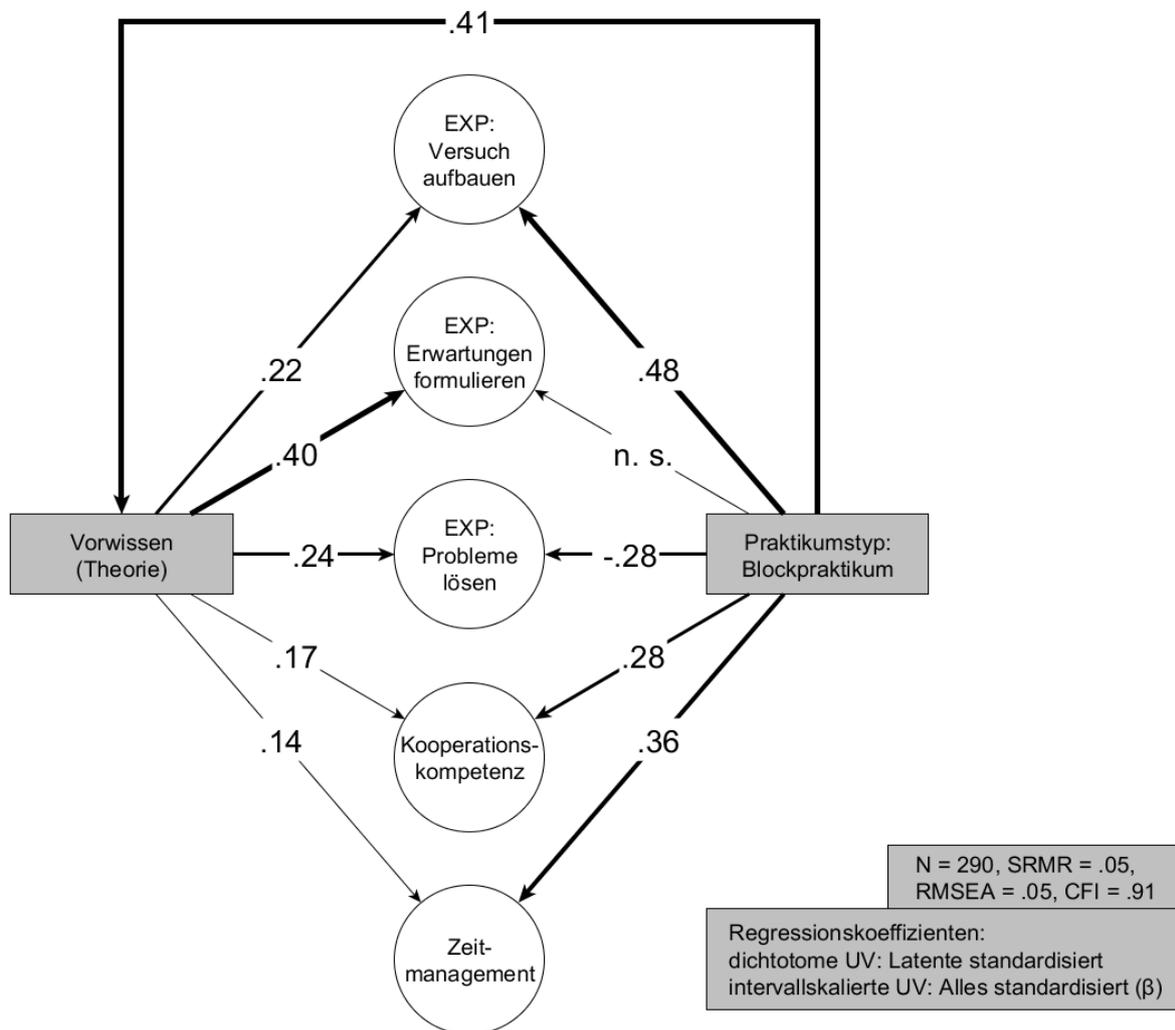


Abb. 4: MIMIC-Modell zu Gruppeneffekten Semester-/Blockpraktika PraQ-A mit Kovariate *Vorwissen (Theorie)*. Die Faktoren werden in Kreisen dargestellt, manifeste Variablen in Rechtecken. Regressionskoeffizienten > 0 indizieren eine höhere Ausprägung des betroffenen Faktors für Blockpraktika.

Zu erkennen sind systematische Gruppenunterschiede für zwei Konstrukte der *experimentellen Kompetenz: Versuch aufbauen* ($d = 0.48$) und *Probleme lösen* ($d = -.28$). Hinzu kommen Effekte des Praktikumsstyps auf die *Kooperationskompetenz* ($d = .28$) und das *Zeitmanagement* ($d = .36$). Einzig *Proble-*

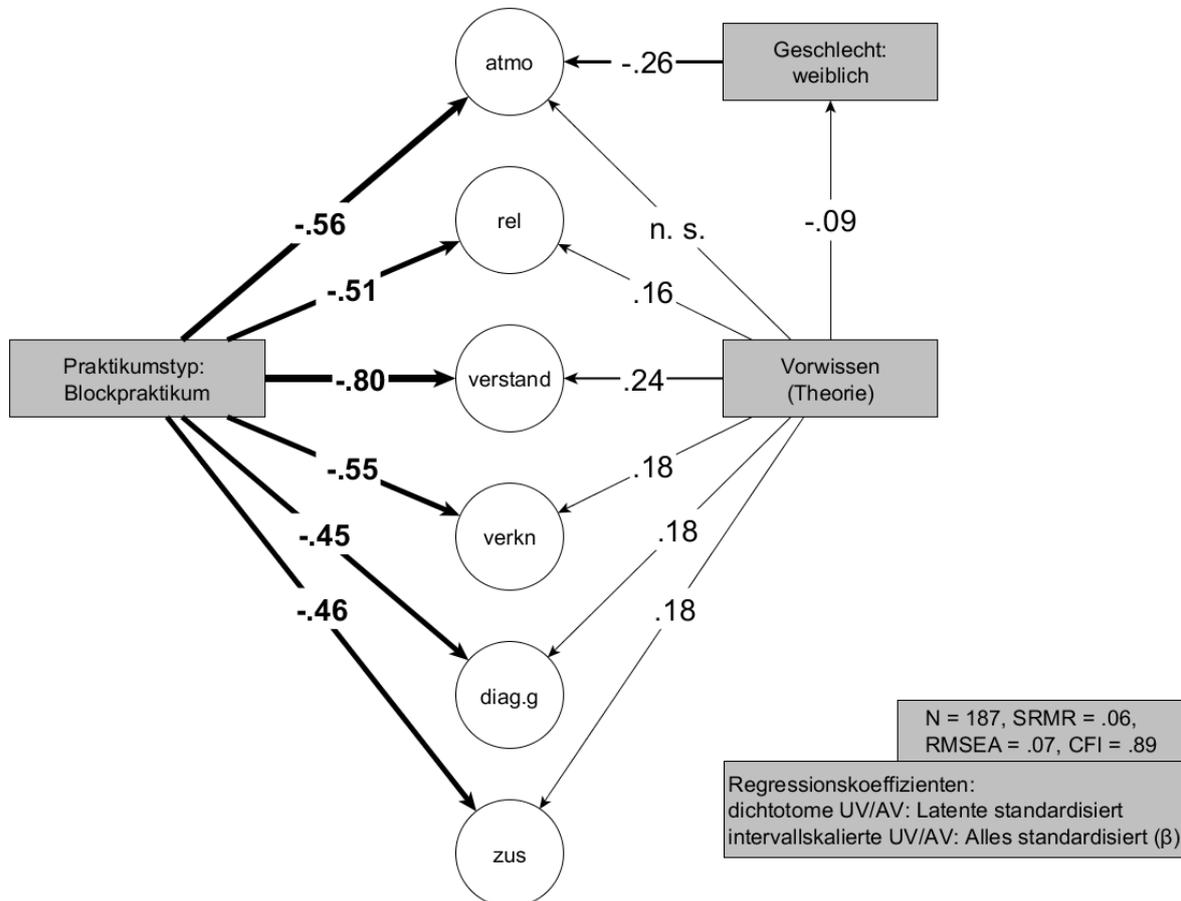
4.2.2. PraQ-B: Lehrkompetenz & Lernumgebung

Messinvarianz: Es ergab sich nur für ein Item ein signifikanter, inhaltlich plausibler DIF. Für das betroffene Konstrukt *Relevanz verdeutlichen* liegt daher lediglich eine partielle Messinvarianz vor.

Gruppenunterschiede: Ersichtlich sind nach Kontrolle für Kovariaten mittlere bis große direkte Effekte des *Praktikumstyps* auf insgesamt sechs Faktoren (Abb. 5). Es werden hierfür stets systematische Gruppenunterschiede zu Gunsten von Semesterpraktika deutlich. Für die *Lehrkompetenz*-Faktoren *verständlich erklären* ($d = -0.80$), *Verknüpfungen herstellen* ($d = -0.55$), *Diagnostik: Grundeinstel-*

lung ($d = -0.45$), *Zusammenfassen und Wiederholen* ($d = -0.46$), *Gute Lernatmosphäre herstellen* ($d = -0.56$), und *Relevanz verdeutlichen* ($d = -0.51$) ergeben sich signifikante, mittlere bis große Effekte.

Es ergibt sich zudem für die Kovariate *Vorwissen (Theorie)* ein signifikanter Modellbeitrag für alle sechs Faktoren des MIMIC-Modells (s. o.).



atmo: Gute Lernatmosphäre herstellen

rel: Relevanz verdeutlichen

verstand: Verständnis überprüfen

verkn: Verknüpfungen herstellen

diag.g: Diagnostik

zus: Zusammenfassen & Wiederholen

Abb. 5: MIMIC-Modell zu Gruppeneffekten Semester-/Blockpraktika PraQ-B mit Kovariate *Vorwissen (Theorie)*. Die Faktoren werden in Kreisen dargestellt, manifeste Variablen in Rechtecken. Regressionskoeffizienten > 0 indizieren eine höhere Ausprägung des betroffenen Faktors für Blockpraktika.

Darüber hinaus ergab sich ein signifikanter Effekt des Geschlechts auf den Faktor *Gute Lernatmosphäre herstellen*, der zudem den Effekt des *Vorwissens (Theorie)* auf diesen Faktor vollständig mediiert.

5. Diskussion

5.1. Unterschiede der Lehrqualität von Chemie- und Physikpraktika, sowie Block- und Semesterpraktika

Es folgt die Diskussion der erhaltenen Ergebnisse mit Bezug zu den Forschungsfragen und Hypothesen aus Abschnitt 2.

FF1: Was sind Unterschiede zwischen Chemie- und Physikpraktika in Bezug auf die Praktikumsqualität?

5.1.1. Teil A: Lernzuwachs der Studierenden

Folgende Hypothesen bezüglich der Konstrukte des Teils A haben sich im Rahmen des Ergebnisteils bestätigt:

d) *In Physikpraktika wird die Teilkompetenz „Rohdaten graphisch/tabellarisch darstellen“ stärker gefördert als in Chemiepraktika.*

In der Analyse zeigte sich ein mittlerer Effekt zugunsten von Physikpraktika ($d = 0.44$, vgl. Abb. 2), gemäß den Selbsteinschätzungen der Studierenden. Interpretiert werden kann dies folgendermaßen: In Physikpraktika gelingt es besser als in Chemiepraktika, diese Teilkompetenz in der Wahrnehmung der Studierenden zu fördern. Hier kann von den Physikpraktika gelernt werden, indem die Lernprozesse in Praktika hinsichtlich dieses Aspekts genauer untersucht werden.

Andere Hypothesen sind dagegen auf Basis der Ergebnisse zunächst abzulehnen:

a) *Die „Kooperationskompetenz“ wird in Physikpraktika nicht stärker gefördert als in Chemiepraktika, da erstere deutlich mehr Tandemarbeit etablieren.*

b) *„Geräte auswählen und Versuchsanordnung aufbauen“ fällt in Physikpraktika ähnlich hoch aus wie in Chemiepraktika.*

Für beide Konstrukte ergaben sich in der Analyse keinerlei signifikante Gruppenunterschiede (vgl. Abb. 2). Chemie- und Physikpraktika unterscheiden sich also im Rahmen dieser Selbsteinschätzungserhebung nicht voneinander, was die Förderung kooperativen Verhaltens oder der Fähigkeit zur Geräteauswahl und zum Versuchsaufbau betrifft. Dies kann als Argument dafür gedeutet werden, dass auch die nur zu etwa 50% in Tandems arbeitenden Studierenden (vgl. Tab. 1) in Chemiepraktika kooperative Fähigkeiten, vielleicht in der Interaktion mit anderen Studierenden oder den Betreuenden, erwerben.

Im Gegensatz dazu haben Physikpraktika ihre Stärken in der Förderung von *experimentellem Problemlösen* ($d = 0.45$)¹², *schriftlichem Kommunizieren* ($d = 0.44$) und eine leichte Stärke im Erlernen einer guten Dokumentation von Messergebnissen ($d = 0.34$, vgl. Abb. 2). Gerade die letzten beiden Punkte spiegeln den starken Fokus der Physikpraktika auf schriftlicher Versuchsdokumentation in Form von Protokollen wider. Für alle Konstrukte, die pro Praktikumsfach unterschiedlich ausfallen, gibt es Effekte des selbsteingeschätzten theoretischen Vorwissens (vgl. Abb. 2). Dies bedeutet, dass Studierende mit höher eingeschätztem theoretischem Vorwissen ihren Kompetenzzuwachs in den beschriebenen Konstrukten systematisch höher einschätzen. Diese Effekte fallen teils bedeutsam aus, weswegen

¹² Auch hier ist das Ergebnis aufgrund partieller Messinvarianz vorsichtig zu bewerten.

für zukünftige Evaluationserhebungen diese Kovariats stets mit betrachtet werden sollte.

5.1.2. Teil B: Lehrkompetenz der Betreuenden und Lernumgebungsqualität

Folgende Hypothese ist auf Basis der Ergebnisse abzulehnen:

c) Für Physikpraktika ist die Integration der Vorlesungsinhalte **nicht** geringer ausgeprägt als für Chemiepraktika.

Für die *Integration* ergaben sich keinerlei Unterschiede zwischen Chemie- und Physikpraktika ($p > .05$). Darüber hinaus traten aber Unterschiede in anderen Faktoren auf: In Physikpraktika überprüfen die Betreuenden regelmäßiger das Verständnis der Studierenden als in Chemiepraktika ($d = 0.58$, vgl. Abb. 2).¹³

Der kleine Effekt des *theoretischen Vorwissens* auf dieses Konstrukt ($d=0.18$) indiziert eine wie schon beim PraQ-A systematisch höhere, wenngleich nur wenig höhere Einschätzung der betreffenden Fähigkeit der/des Praktikumsbetreuenden, wenn höheres selbsteingeschätztes theoretisches Vorwissen der evaluierenden Studierenden vorlag. Zukünftig ist eine Kontrolle bezüglich dieses Faktors beim PraQ-B also optional. Es fällt auf, dass Physikpraktika in einigen Konstrukten sowohl der Lernzuwachs- als auch der Lehrkompetenz-Dimension besser abschneiden als Chemiepraktika. Es böte sich also auch hier an, die Lernprozesse in Physikpraktika bezüglich der günstiger ausfallenden Konstrukte genauer zu untersuchen und die Erkenntnisse auch Chemiepraktikabetreibenden zukommen zu lassen.

Die Ergebnisse für Teil B müssen hier erneut in ihrer Allgemeingültigkeit kritisch betrachtet werden, da nur ein Chemiepraktikum in der Stichprobe vorlag.

Trotz geringer Stichprobengrößen von deutlich unter 100 Proband*innen für Teil A und B gibt es bzgl. der Chemiepraktika Indikatoren, die auf eine schlechtere Lehrqualität insgesamt, v. a. auf Basis der selbsteingeschätzten Kompetenzentwicklung hindeuten.

Im Folgenden wird die zweite Forschungsfrage diskutiert, die quer zur Frage nach der Fächergestaltung nach der Organisationsform der Praktika differenziert.

FF2: Was sind Unterschiede zwischen Block- und Semesterpraktika in Bezug auf die Praktikumsqualität?

5.1.3. Teil A: Lernzuwachs der Studierenden

Folgende Hypothesen bezüglich der Konstrukte des PraQ-A haben sich im Rahmen des Ergebnisteils bestätigt:

¹³ Der Unterschied beim *Zusammenfassen und Wiederholen* wird der Argumentation in der Auswertung gemäß nicht interpretiert.

f) Die Fähigkeit zum Zeitmanagement entwickelt sich in Semesterpraktika schlechter als in Blockpraktika.

Alle verbleibenden Hypothesen sind dagegen abzulehnen ($ps > .05$). Es hat sich erwartungskonform (vgl. Abschnitt 2, FF 2) gezeigt, dass Blockpraktika die positive Entwicklung der eigenen Wahrnehmung des Zeitmanagements besser fördern als Semesterpraktika ($d = 0.36$, vgl. Abb. 4). Dies liegt nach Interpretation der Autoren darin begründet, dass Blockpraktika durch ihre straffere Organisation ein Selbst-Zeit-Management unabdingbar machen.

Allerdings konnten für die Hypothesen a) bis d) keinerlei Gruppenunterschiede gefunden werden ($ps > .05$). Weder fördern Semesterpraktika die Fähigkeit zum Rohdaten aufbereiten, noch zum Daten interpretieren stärker als Blockpraktika. Ebenso ergaben sich keine Unterschiede in der Förderung des theoretischen Wissenserwerbs oder der schriftlichen Kommunikation.

Es überwiegen in der Dimension "Lernzuwachs" die Argumente pro Blockpraktika, sie fördern gemäß Analyse zwei Kompetenzbereiche (*Versuche aufbauen*, $d = 0.48$; *Probleme lösen*, $d = 0.28$) von neun der experimentellen Kompetenzen besser¹⁴, und helfen besser beim Erwerb überfachlicher Kompetenzen wie Zeitmanagement und Kooperationskompetenz ($d = 0.28$, vgl. Abb. 4). Aus der Perspektive des Lernzuwachses im 3L-Modell sind also Blockpraktika zu bevorzugen, da sie den Kompetenzerwerb der Studierenden anscheinend besser fördern können als Semesterpraktika.

5.1.4. Teil B: Lehrkompetenz der Betreuenden und Lernumgebungsqualität:

Die Hypothese k) ist auf Basis obiger Analysen abzulehnen: Es gibt deutliche Gruppenunterschiede in der Wahrnehmung der Lehrkompetenz des Betreuenden zwischen Semester- und Blockpraktikastudierenden.

k) Für die Konstrukte der Lehrkompetenz gibt es Unterschiede zwischen Semester- und Blockpraktika. Zur Lernumgebungsqualität gibt es allerdings hypothesenkonform keine Unterschiede.

In Semesterpraktika werden die Fähigkeiten der Betreuenden, verständlich zu erklären ($d = 0.80$), Verknüpfungen herzustellen ($d = 0.55$), eine positive Grundeinstellung zu Diagnostik zu besitzen ($d = 0.45$), Zusammenzufassen ($d = 0.46$), eine gute Lernatmosphäre herzustellen ($d = 0.56$) und die Relevanz der Lerninhalte herauszustellen ($d = 0.51$) deutlich positiver eingeschätzt als in Blockpraktika (vgl. Abb. 5). Unter Kontrolle von Geschlechtseinflüssen entfällt allerdings der Unterschied in der wahrgenommenen Fähigkeit, eine gute Lernatmosphäre herzustellen. Anscheinend fällt die

Wahrnehmung weiblicher Studierender hier kritischer aus.

Es verbleiben trotzdem fünf von insgesamt zehn Konstrukten der Lehrkompetenz, die in Semesterpraktika deutlich höher ausfallen.

Die Betreuung gelingt also in der Wahrnehmung der Studierenden in Semesterpraktika besser, weshalb aus Perspektive der Lehrkompetenz Semesterpraktika stark zu bevorzugen sind.

Insgesamt zeigt sich ein zweigeteiltes Bild zum Für und Wider von Blockpraktika versus Semesterpraktika. Erstere besitzen analysegemäß mehr Stärken in der Förderung studentischer Kompetenzen, Letztere scheinen eine deutlich bessere Betreuung zu begünstigen. Eine klare Empfehlung lässt sich daher nicht ableiten; am ehesten seien hier noch – aufgrund der wesentlich besseren Betreuung – Semesterpraktika empfohlen.

Die Aussagen zur Betreuungsqualität sind allerdings vor dem Hintergrund der Implementation von nur einem Blockpraktikum in die Stichprobe stark in ihrer Allgemeingültigkeit einzuschränken.

Allgemein lässt sich einschränkend festhalten, dass die Lehrqualität von Praktika in dieser Studie ausschließlich aus Studierendensicht erhoben wurde, die z. B. von bereits erfolgten Leistungsrückmeldungen im Praktikum beeinflusst sein kann.

6. Ausblick

Die positiveren Eigenschaften von Physikpraktika sollten in Folgestudien zu Physik- und Chemiepraktika qualitativ genauer analysiert werden, um die Lehrqualität von Chemiepraktika weiter zu optimieren. Auch die dahinterliegenden Mechanismen der Qualitätsunterschiede zwischen Semester- und Blockpraktika – bessere Betreuung bei Ersteren, leicht bessere Kompetenzzuwächse bei Letzteren – sind noch unklar. Eine tieferegreifende, qualitative Analyse z. B. in Form von Videoanalysen oder Gruppeninterviews zu den Akteuren der verschiedenen Praktikumsformate kann hier Aufschluss über mögliche einzeleitende Lehrverbesserungen bieten.

7. Literatur

- AERA, APA & NCME. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. Washington, DC: American Educational Research Association.
- American Association of Physics Teachers. (1998). Goals of the Introductory Physics Laboratory. *American Journal of Physics*, 66 (6), 483. doi:10.1119/1.19042
- Blüthmann, I. (2012). *Studierbarkeit, Studienzufriedenheit und Studienabbruch: Analysen von Bedingungsfaktoren in den Bachelorstudiengängen*. Berlin: Freie Universität Berlin.

¹⁴ Die Unterschiede im Faktor EXP: *Probleme lösen* sind allerdings möglicherweise ein statistisches Artefakt.

- Borawski, H. & Heinke, H. (2005). Entwicklung eines Physikpraktikums für Studierende der Biologie. In V. Nordmeier & A. Oberländer (Hrsg.), *Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Berlin.
- Braun, E., Gusy, B., Leidner, B. & Hannover, B. (2008). Das Berliner Evaluationsinstrument für selbsteingeschätzte, studentische Kompetenzen (BEvaKomp). *Diagnostica*, 54 (1), 30-42. doi:10.1026/0012-1924.54.1.30
- Brown, T. A. (2006). *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research*. Guilford Press.
- Csonka, N. (2014). Evaluation von Lehrveranstaltungen an der Humboldt-Universität zu Berlin: Praxisleitfaden für Evaluationsbeauftragte an Fakultäten und Instituten. *Schriftenreihe zum Qualitätsmanagement an Hochschulen* (Band 8). Stabsstelle Qualitätsmanagement der Humboldt-Universität zu Berlin.
- Deci, E. L. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. (R. Reichenbach, Hrsg.) *Zeitschrift für Pädagogik*, 2 (39), 224-238.
- Diemer, U., Baser, B. & Jodl, H.-J. (1998). *Computer im Praktikum: Moderne physikalische Versuche* (1. Auflage). Berlin: Springer.
- Engels, S. & Hülsbusch, C. M. (2008). Vermitteln und Lernen von chemischen Inhalten Hochschuldidaktische Veränderungen im Rahmen der Veranstaltung „Chemisches Praktikum für Studierende der Biologie und Medizin“. *Das Hochschulwesen*, 2.
- Friedrich, H. R. (2005). Der Bologna-Prozess nach Bergen. *die hochschule*, (2), 114-135.
- Frühwein, O. & Heinke, H. (2007). Umsetzung eines Anfängerpraktikums für Lehramtsstudierende mit Fach Physik. Berufsfeldorientierte Gestaltung einer Fachveranstaltung. In V. Nordmeier & A. Oberländer (Hrsg.), *Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Regensburg.
- Haake, F. & Müller, R. (2011). Physikpraktikum für Studierende der Biologie. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik* (S. 540-542). Münster: LIT.
- Haller, K. (1999). *Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen. Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum*. Berlin: Logos.
- Heine, C., Briedis, K., Didi, H.-J., Haase, K. & Trost, G. (2006). *Auswahl- und Eignungsfeststellungsverfahren beim Hochschulzugang in Deutschland und ausgewählten Ländern. Eine Bestandsaufnahme*. Hannover, Bonn: HIS Hochschul-Informationssystem GmbH. Zugriff am 5.6.2017. Verfügbar unter: http://www.dzhw.eu/pdf/pub_kia/kia200603.pdf
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation and research. *chemistry education: research and practice*, 5 (3), 247-264.
- Hopbach, A. (2007). Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse. In Benz, Kohler & Landfried (Hrsg.), *Handbuch Qualität und Lehre*. Berlin.
- Hucke, L. (1999). *Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums*. Berlin: Logos.
- KapVO. (2012). Gesetz- und Verordnungsblatt für Berlin. In S. für Justiz (Hrsg.), (Band 68, S. 68-84).
- KFP. (2010). Zur Konzeption von Bachelor- und Master-Studiengängen in der Physik – Handreichung der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP). Beschlossen von der Plenarversammlung der KFP am 8. November 2010 in Berlin.
- Kissmann, F., Müller, R., Schumacher, D. & Theyßen, H. (2010). Brauchen Studierende der Biologie ein Physikpraktikum? *Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Berlin.
- Kreiten, M. (2012). *Chancen und Potenziale web-basierter Aufgaben im physikalischen Praktikum*. Köln: Universität zu Köln. Zugriff am 22.2.2013. Verfügbar unter: <http://kups.ub.uni-koeln.de/4719/>
- Lammertz, I. & Heinke, H. (2014). Schreiben und Peer-Feedback im Physikpraktikum. *PhyDid B - Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177-186). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American psychologist*, 50 (9), 741.
- Metzger, C., Ladstätter-Weissenmayer, A., Heyken, P., Schulmeister, R. & Radmacher, M. (2012). ZEITLast-Studie des Studiengangs B.Sc. Physik an der Universität Bremen, Wintersemester 2011/12. Universität Bremen.
- Nagel, C. C. (2009). *eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum*. Berlin: Logos.
- Neumann, K. (2004). *Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker*. Berlin: Logos.

- Plomer, M. (2011). *Physik physiologisch passend Praktiziert: Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie*. Berlin: Logos.
- Rehfeldt, D. (2018). *Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika – Dissertationsschrift* (Band 246). Berlin: Logos.
- Rehfeldt, D., Mühlenbruch, T. & Nordmeier, V. (2014). TSL: Quantitative Bedarfs- und Problemanalyse im Physikalischen Praktikum für NaturwissenschaftlerInnen. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Rehfeldt, D. & Nordmeier, V. (2016a). Theoretically and empirically based Evaluation of laboratory courses – PraQ questionnaire. In E. Dębowska & T. Greczyło (Hrsg.), *GIREP-MPTL International Conference on Teaching/Learning Physics: Key Competences in Physics Teaching and Learning*.
- Rehfeldt, D. & Nordmeier, V. (2016b). Skalen zur Messung von Praktikumsqualität: Konfirmatorische Analyse der Struktur und Konstrukte. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Ruickoldt, G. (1996). Ergebnisse einer Umfrage zum Physikalischen Praktikum. *Physikalische Blätter*, 10 (52), 1022-1024.
- Runge, B. U. (2016). Physikalische Praktika an Universitäten und Hochschulen. Zugriff am 31.5.2016. Verfügbar unter: <http://www.physikalische-praktika.de/service/praktika.html>
- Sander, F. (2000). *Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum – Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum*. Logos Berlin.
- Schreiber, N. (2012). *Diagnostik experimenteller Kompetenz: Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells* (Band 139). Berlin: Logos.
- Theyßen, H. (2000). *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*. Berlin: Logos.
- Thiel, F., Blüthmann, I. & Watermann, R. (2012). Konstruktion eines Fragebogens zur Erfassung der Lehrkompetenz (LeKo). In B. Berendt & H. P. Voss (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten. [Teil] I. Evaluation. Veranstaltungsevaluation*. Berlin: Raabe.
- Tiberghien et al. (1998). *An Analysis of Labwork Tasks Used in Science Teaching at Upper Secondary School and University Levels in Several European Countries*. Department of Educational Studies. UK: University of York.
- Urban, D. & Mayerl, J. (2014). *Strukturgleichungsmodellierung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Wellington, J. (2002). *Practical work in school science: which way now?* Routledge.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H. et al. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4 (1), 29-44.
- Zwickl, B. M., Finkelstein, N. & Lewandowski, H. J. (2013). The process of transforming an advanced lab course: Goals, curriculum, and assessments. *American Journal of Physics*, 81 (1), 63-70.

Anhang

A Skalennamen, Beispieltens und Reliabilitäten (Raykova ρ) des PraQ-Instruments

Fachwissen Theorie: *Aufgrund dieses Praktikums verstehe ich die abgedeckte Theorie besser.* ($\rho = .86$)

Fachwissen Praxis: *Aufgrund dieses Praktikums kann ich die Qualität experimenteller Arbeitsweisen besser beurteilen.* ($\rho = .75$)

Experimentelle Kompetenz: *Erwartungen formulieren: Aufgrund dieses Praktikums kann ich nun besser einschätzen, wie ein Experiment "ausgehen" wird (Endergebnis).* ($\rho = .82$)

Experimentelle Kompetenz: *Versuchsplanung & Geräte zusammenstellen: Aufgrund dieses Praktikums kann ich zum Experiment gehörende Gerätschaften besser auswählen.* ($\rho = .89$)

Experimentelle Kompetenz: *Gerätekenntnisse deklarativ: Aufgrund dieses Praktikums erkenne ich besser, welches Gerät ich vor mir habe.* ($\rho = .86$)

Experimentelle Kompetenz: *Versuchsanordnung aufbauen: Aufgrund dieses Praktikums kann ich Bestandteile des Versuchsaufbaus besser anbringen.* ($\rho = .91$)

Experimentelle Kompetenz: *Messungen durchführen: Aufgrund dieses Praktikums kann ich eine vollständige Datenaufnahme besser gewährleisten.* ($\rho = .82$)

Experimentelle Kompetenz: *Messungen dokumentieren: Aufgrund dieses Praktikums kann ich das Messprotokoll/Laborbuch nachvollziehbarer erstellen.* ($\rho = .90$)

Experimentelle Kompetenz: *mit Problemen und Fehlern umgehen: Aufgrund dieses Praktikums beachte ich experimentelle Fehlerquellen adäquater.* ($\rho = .89$)

Experimentelle Kompetenz: *Rohdaten graphisch, tabellarisch darstellen: Aufgrund dieses Praktikums*

kann ich Rohdaten besser tabellarisch darstellen. ($\rho = .66$)

Experimentelle Kompetenz: Daten interpretieren: *Aufgrund dieses Praktikums kann ich besser Messwerte interpretieren.* ($\rho = .89$)

Kommunikationskompetenz schriftlich: *Aufgrund dieses Praktikums formuliere ich in meinen Protokollen/Versuchsberichten präziser.* ($\rho = .93$)

Kommunikationskompetenz mündlich: *Aufgrund dieses Praktikums fällt mir der Gebrauch der korrekten Fachsprache leichter (mündlich).* ($\rho = .88$)

Bewertungskompetenz fachlich: *Aufgrund dieses Praktikums kann ich Ziele und Bedeutung des Versuchs besser schildern.* ($\rho = .90$)

Kooperationskompetenz: *Durch die Zusammenarbeit mit anderen Studierenden im Praktikum halte ich mich nun besser an die Absprachen innerhalb einer Gruppe.* ($\rho = .91$)

Interesse: *Aufgrund dieses Praktikums habe ich Spaß daran entwickelt, die an mich gestellten Aufgaben zu lösen.* ($\rho = .88$)

Personalkompetenz: Zeitmanagement: *Aufgrund dieses Praktikums kann ich besser Zeiten festlegen, zu denen ich Praktikumstermine vorbereite.* ($\rho = .91$)

Verständlich erklären: *Der/die Betreuende ist in der Lage, auch einen komplexen Sachverhalt verständlich zu erklären (z. B. in Gesprächen; im Vorgespräch; Nachbesprechungen etc.).* ($\rho = .91$)

Zusammenfassen & Wiederholen: *Der/die Betreuende wiederholt und vertieft besonders schwierige Aspekte der Theorie ausreichend (z. B. in Gesprächen; im Vorgespräch; Nachbesprechungen etc.).* ($\rho = .92$)

Verknüpfungen herstellen: *Der/die Betreuende verdeutlicht die Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Aspekten der Theorie.* ($\rho = .87$)

Verständnis überprüfen: *Der/die Betreuende stellt Fragen, die den Studierenden die Gelegenheit geben, zu überprüfen, ob sie das Experiment verstanden haben.* ($\rho = .71$)

Gute Lernatmosphäre herstellen: *Der/die Betreuende zeigt gegenüber allen Studierenden ein respektvolles und wertschätzendes Verhalten.* ($\rho = .86$)

Relevanz verdeutlichen: *Der/die Betreuende macht den Stellenwert der behandelten Sachverhalte für das weitere Studium klar.* ($\rho = .84$)

Ermutigen und Selbstwirksamkeit stärken: *Der/die Betreuende ermutigt die Studierenden bei der Bewältigung schwieriger Experimente.* ($\rho = .89$)

Effizient mit Störungen umgehen: *Der/die Betreuende geht angemessen und effizient mit Unruhe und Störungen um.* ($\rho = .92$)

Diagnostik Grundeinstellung: *Der/die Betreuende nimmt sich die Zeit, um einzelnen Studierenden Dinge zu erklären, die sie nicht verstanden haben.* ($\rho = .83$)

Diagnostik situativ: *Der/die Betreuende merkt, wenn es Probleme beim Experimentieren gibt.* ($\rho = .87$)

Skriptqualität für Versuchsablauf: *Das Skript (ggf. Zusatzmaterial) unterstützt mich dabei, eine gute Vorstellung vom Versuchsaufbau zu erhalten.* ($\rho = .90$)

Skriptqualität: *Das Skript fasst die wichtigsten Sachverhalte zusammen.* ($\rho = .93$)

Integration der Vorlesungsinhalte in das Praktikum: *Die Sachverhalte der Vorlesung sind nützlich für die experimentelle Arbeit im Praktikum.* ($\rho = .87$)

Danksagung

Für die Teilnahme und tatkräftige Unterstützung bei unseren Studien danken wir den Praktikumsleitenden Herrn Beck, Herrn Bernhardt, Herrn Brockhinke, Herrn Detemple, Herrn Salinga, Herrn Durst, Herrn Feist, Herrn Flesch, Herrn Gonzalez, Herrn Hehl, Herrn Weber, Herrn Lützenkirchen-Hecht, Herrn Koethe, Herrn Müller, Herrn Nagel, Herrn Radtke, Herrn Roth, Frau Schattat, Herrn Schmidt, Herrn Schöps und Frau Stumpff. Allen teilnehmenden Studierenden sei zudem mein aufrichtiger Dank ausgesprochen.

Das Projekt TSL wurde im Rahmen des SUPPORT-Projekts durch das BMBF gefördert.