

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen in (physikalischen) Praktika

Andreas Vorholzer*, Julia Ortmann[†], Nicole Graulich[°]

*School of Social Sciences and Technology, Technische Universität München, [†]Institut für Didaktik der Physik, Justus-Liebig-Universität Gießen, [°]Institut für Didaktik der Chemie, Justus-Liebig-Universität Gießen
andreas.vorholzer@tum.de, julia.ortmann@didaktik.physik.uni-giessen.de,
nicole.graulich@didaktik.chemie.uni-giessen.de

Kurzfassung

Laborpraktika sind ein integraler Bestandteil naturwissenschaftlicher Studiengänge und sollen einen Beitrag zu einer Reihe unterschiedlicher Ziele des Studiums leisten. Die vorgestellte Studie geht der Frage nach, welche Ziele aus Sicht von Lehrenden und Studierenden dabei besonders relevant sind und inwiefern sich die Relevanzeinschätzung zwischen den Fächern Biologie, Chemie und Physik sowie zwischen Anfänger- und Fortgeschrittenenpraktika unterscheidet. Hierfür wurden N = 86 Praktikumsbetreuende und N = 399 Studierende mit einem Online-Fragebogen befragt. Unsere Analysen zeigen u. a., dass der Aufbau naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen sowie der Aufbau experimenteller Fertigkeiten fächerübergreifend als relevanteste Ziele eingeschätzt werden. Unterschiede zwischen den Fächern zeigen sich hingegen, wenn die Relevanz einzelner Teilaspekte des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens betrachtet wird. Im Beitrag werden diese und weitere Ergebnisse diskutiert und Implikationen für Lehre und Forschung im Kontext naturwissenschaftlicher Praktika abgeleitet.

1. Einleitung

Laborpraktika bieten Studierenden die Gelegenheit selbst praktisch-experimentell zu arbeiten und sind ein integraler Bestandteil naturwissenschaftlicher Studiengänge (Reid & Shah, 2007; Terkowsky et al., 2020). Die Bedeutung von Laborpraktika liegt unter anderem darin begründet, dass praktisch-experimentelles Arbeiten ein wesentliches Element der Naturwissenschaften selbst darstellt. Darüber hinaus wird häufig angenommen, dass Laborpraktika einen Beitrag zur Erreichung einer Reihe unterschiedlicher Ziele des Studiums leisten. Zu diesen Zielen gehören unter anderem der Aufbau experimenteller Fertigkeiten, die Förderung des Verständnisses von Phänomenen und Zusammenhänge oder die Entwicklung von Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens (z. B. Nagel et al., 2018; Reid & Shah, 2007; Teichmann et al., 2022; Welzel et al., 1998).

In diesem Beitrag gehen wir der Frage nach, welche Ziele aus Sicht von Praktikumsbetreuenden und Studierenden in naturwissenschaftlichen Praktika an deutschen Hochschulen besonders relevant sind. Dabei nehmen wir insbesondere Ziele aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (NDAW) genauer in den Blick.

2. Zielen naturwissenschaftlicher Praktika

2.1. Ziele und Zielbereiche

Die vielfältigen Ziele von Laborpraktika werden z. T. in sehr unterschiedlicher Weise beschrieben und systematisiert (siehe z. B. Übersicht in Reid & Shah, 2007). Die meisten in der Literatur dokumentierten

Zielsetzung lassen sich dabei einem von sechs übergeordneten Zielbereichen zuordnen: (A) Aufbau fachinhaltlicher Fähigkeiten, (B) Aufbau von Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens (z. B. Planung einer Untersuchung, Auswertung von Daten), (C) Aufbau praktisch experimenteller Fertigkeiten (z. B. Umgang mit Messgeräten, Anwendung von Nachweisverfahren), (D) Aufbau angemessener epistemologischer Vorstellungen (z. B. Natur der Naturwissenschaften und naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung). (E) Förderung des Interesses und (F) Aufbau allgemeiner/fachübergreifender Fähigkeiten (z. B. Teamfähigkeit, Problemlösefähigkeit) (siehe z. B. Zusammenstellungen in Boud et al., 1980; Hofstein & Lunetta, 2004; Kirschner et al., 1993; Reid & Shah, 2007; Welzel et al., 1998).

Innerhalb der im Zielbereich (B) zusammengefassten Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens lassen sich noch einmal einzelne Teilfähigkeiten unterscheiden. Diese Teilfähigkeiten werden typischerweise entlang der Schritte eines idealisierten Erkenntnisgewinnungsprozesses beschrieben (Frage, Hypothese, Planung, Durchführung, Auswertung etc.; vgl. Pedaste et al., 2015; Rönnebeck et al., 2016). Entlang dieser Schritte werden in der Regel mindestens drei unterschiedliche Teilfähigkeiten modelliert (z. B. die Fähigkeiten, Untersuchungen zu planen, Untersuchungen durchzuführen und Daten auszuwerten; Emden & Sumfleth, 2016; Krell et al., 2022). In Abhängigkeit vom Ziel und dem Kontext der Modellierung kann die Anzahl und der Zuschnitt

der unterschiedenen Teilfähigkeiten variieren, beispielsweise indem eine Teilfähigkeit weiter zerlegt wird (z. B. das Planen von Untersuchungen in Fragen formulieren, Hypothesen Formulieren und das eigentliche Planen der Untersuchung; siehe Übersicht in Emden & Sumfleth, 2016). Um differenzierte Einblicke in die Ziele naturwissenschaftlicher Praktika zu erhalten, erschien uns für das hier vorgestellte Projekt eine im Vergleich zu typischen Modellierungen eher feingliedrige Unterscheidung von sieben Teilfähigkeiten zielführend: (1) Fragestellungen formulieren, (2) Hypothesen formulieren, (3) Untersuchungen planen, (4) Untersuchungen durchführen, (5) Erkenntnisprozesse dokumentieren, (6) Daten aufbereiten und auswerten, (7) Daten kritisch reflektieren.

2.2. Auf- oder Ausbauen?

Jenseits der Frage, zu welchen Fähigkeiten in einem Praktikum ein Beitrag geleistet werden soll, ist auch zu klären, wie genau dieser Beitrag aussehen soll. Einerseits kann in einem Praktikum z. B. darauf abgezielt werden, eine Fähigkeit, über die die Studierenden noch nicht oder nur in Ansätzen verfügen, neu aufzubauen. Andererseits ist denkbar, dass in einem Praktikum „nur“ das Ziel verfolgt wird, eine bei den Studierenden bereits mindestens teilweise vorhandene Fähigkeit zu festigen oder auszubauen. Ob eine Fähigkeit in einem Praktikum aus- oder (neu) aufgebaut werden soll, hat wichtige Implikationen für dessen Gestaltung. Soll zum Beispiel die Fähigkeit zum Planen von Untersuchungen neu aufgebaut werden, dann ist es wichtig, den Studierenden die zur Entfaltung dieser Fähigkeiten erforderlichen Kenntnisse (z. B. die Strategie der Variablenkontrolle oder Kriterien zur Festlegung der Anzahl von Messwiederholungen) mitzuteilen und zu erläutern (z. B. Lorch et al., 2010; Matlen & Klahr, 2013; Vorholzer et al., 2020; siehe Abschnitt 6). Soll das Planen von Untersuchungen jedoch nur geübt und gefestigt werden, weil davon ausgegangen werden kann, dass diese Fähigkeit bereits in Teilen beherrscht und die zugehörigen Kenntnisse mindestens teilweise verstanden sind, dann ist es vermutlich ausreichend, wenn die Studierenden Gelegenheiten zum eigenständigen Planen von Untersuchungen haben und hierzu Rückmeldung bekommen (siehe z. B. Diskussion in Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019). Trotz ihrer Relevanz scheint die Frage, wie genau der Beitrag eines Praktikums zu einem bestimmten Lernziel aussehen soll (Auf- oder Ausbau) empirisch bisher nicht systematisch untersucht worden zu sein.

2.3. Von Lernend wahrgenommene Ziele

Empirische Befunde zeigen, dass die von Lernenden als primär wahrgenommen Ziele praktisch-experimentellen Arbeitens z. T. von den von den Lehrenden primär angestrebten Zielen abweichen (Hofstein & Lunetta, 2004). Befunde von Haller (1999) deuten zudem darauf hin, dass sich auch in universitären Praktika die von Lehrenden intendierten und die von Lernenden wahrgenommen Ziele unterscheiden (siehe

auch Reid & Shah, 2007). Solche Unterschiede zu erfassen, ist aus mehreren Gründen relevant. Zunächst ist davon auszugehen, dass Studierende sich vor allem auf das Erreichen der Ziele fokussieren, die aus ihrer Sicht besonders relevant sind. Weichen diese Ziele deutlich von den Zielen der Lehrenden ab, kann dies dazu beitragen, dass die (zentralen) Ziele eines Praktikums nur bedingt erreicht und das Praktikum selbst als wenig lernwirksam wahrgenommen wird (Hofstein & Lunetta, 2004; Kirschner et al., 1993). Eine Abweichung kann jedoch nicht nur auf eine zu geringe Wahrnehmung hinweisen, sondern auch ein Indikator dafür sein, dass ein eigentlich angestrebtes Ziel in der tatsächlichen Umsetzung des Praktikums nicht ausreichend Berücksichtigung findet, z. B. weil es nur wenige entsprechende Lerngelegenheiten gibt. Ausgehend von diesen Überlegungen erscheint es zielführend, bei der Erhebung von Zielen naturwissenschaftlicher Praktika neben der Perspektive der Lehrenden auch die Perspektive der Studierenden zu erfassen. Gerade bzgl. der Ziele aus dem Bereich NDAW liegen bisher jedoch kaum Erkenntnisse zur Perspektive der Lernenden vor.

2.4. Forschungsfragen

Ziel der hier vorgestellten Arbeit ist es, Erkenntnisse zu den Zielen naturwissenschaftlicher Praktika zu liefern, indem die Relevanz einzelner Teilaspekte des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens differenziert betrachtet und dabei sowohl deren Rolle (Auf- oder Ausbau) als auch deren Wahrnehmung durch Studierende und Lehrende erfasst wird. Die Forschungsfragen (FF) lauten:

- FF 1: Welche Rolle spielen NDAW aus Sicht von Lehrenden im Vergleich zu anderen Zielen von naturwi. Praktika?
- FF 2a: Welche Ziele aus dem Bereiche NDAW sind in naturwi. Praktika besonders relevant?
- FF 2b: Welche Rolle spielen NDAW-bezogenen Ziele in naturwi. Praktika (Aus- oder Aufbau)?
- FF 3: Inwiefern unterscheidet sich die Wahrnehmung der Ziele (FF1 und FF2a) zwischen Studierende und Lehrenden?

3. Methoden

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurde ausgehend von bestehenden Instrumenten (siehe Abschnitt 3.2) ein Online-Fragebogen für Lehrende und ein parallelisierter Fragebogen für Studierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik entwickelt und an verschiedenen deutschen Hochschulen verteilt.

3.1. Stichprobe

Die Stichprobe besteht aus $N = 86$ Praktikumsbetreuenden (Praktikumsverantwortliche und im Praktikum tätige Assistentinnen und Assistenten) von mindestens 27 deutschen Hochschulen sowie aus $N = 399$ Studierenden von mindestens neun deutschen Hochschulen (siehe Übersicht in Tab. 1). Die genaue Anzahl der jeweils beteiligten Hochschulen

kann nicht angegeben werden, da ein entsprechendes Datum zur Gewährleistung der Anonymität nicht erfasst wurde. Die Schätzung der Mindestanzahl basiert auf den freiwillig angegebenen E-Mail-Adressen, die häufig Rückschlüsse auf die Hochschule zuließen.

Fach	Betreuende	Studierende
Biologie	24	94
Chemie	35	80
Physik	27	99
Andere*	-	126
tätig in AP	30	-
tätig in FP	37	-
tätig in AP und FP	19	-
Insgesamt	86	399

Tab. 1: Überblick über Zusammensetzung der Stichproben. AP = Anfängerpraktika, FP = Praktika; *Biochemie, Lebensmittelchemie, Chemie im Nebenfach o. Ä.

Für die Teilnahme an der Befragung erhielten die Studierenden die Chance auf den Gewinn von fünf Mal 50 EUR, die im Anschluss an die Erhebung verlost wurden. Den Betreuenden wurden kein zusätzlicher Anreiz für die Teilnahme an der Befragung angeboten.

3.2. Instrument

Zur Erfassung der Ziele, die Betreuende in naturwissenschaftlichen Praktika verfolgen, wurde ein Online-Fragebogen entwickelt. Im Fragebogen wurden zunächst demographischen Daten und Daten zu den betreuten Praktika (Art des Praktikums, Zielgruppe etc.) erfasst. Im Anschluss wurden die Praktikumsbetreuenden dazu aufgefordert, elf typische Ziele aus den sechs oben beschriebenen Zielbereichen hinsichtlich deren Relevanz in ihrem eigenen Praktikum zu sortieren. Die Ziele wurden so gewählt, dass die Zielbereiche (A) bis (F) möglichst trennscharf abgebildet werden. Zu einigen Zielbereichen wurden zudem mehrere Ziele formuliert, um die Bereiche möglichst vollständig abzudecken (z. B. zum Zielbereich fachinhaltliche Fähigkeiten; vgl. Welzel et al., 1998). Die formulierten Ziele orientieren sich zum Teil an früheren Befragungen (Boud et al., 1980; Welzel et al., 1998), wurden jedoch häufig reformuliert, um eine klare Abgrenzung der Zielbereiche zu ermöglichen. Anschließend an diese Sortieraufgabe wurde die Relevanz von sieben zentralen NDAW in den Praktika mit einer 5-stufigen Likert-Skala (1 = spielt keine Rolle, ..., 5 = spielt eine zentrale Rolle) erfasst. Für jede NDAW wurde außerdem erhoben, ob diese von den Studierenden „nur“ mitgebracht und im Praktikum ausgebaut oder von den Studierenden neu aufgebaut werden soll.

Zur Erfassung der Wahrnehmung der Studierenden wurde eine parallelisierte Version des Fragebogens erstellt, in dem die Studierenden nach der erlebten Relevanz der Ziele im Allgemeinen bzw. der Ziele

im Bereich NDAW in den von ihnen besuchten Praktika befragt wurden.

Beide Fragebögen wurden in LimeSurvey umgesetzt. Die Einladung zur Teilnahme an der Befragung wurde sowohl über E-Mail-Verteiler (z. B. der Arbeitsgruppe Physikalische Praktika der DPG; nur für Betreuende) als auch über Nachrichten an 38 Dekanate naturwissenschaftlicher Fakultäten von insgesamt 24 deutschen Hochschulen verteilt.

3.3. Auswertung der Daten

Zur Auswertung der Sortierungsaufgabe wurde für jedes der 11 Ziele berechnet, welcher Rangplatz diesem Ziel im Mittel (Median) zugewiesen wurde. Für die Likert-Skalen zur Relevanz der einzelnen NDAW wurden für jedes Item der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet. Neben deskriptiven Analysen der Daten wurden auch Vergleiche zwischen unterschiedlichen Personengruppen (Betreuende vs. Studierende) und Praktikumsformaten (Biologie vs. Chemie vs. Physik, Anfänger- vs. Fortgeschrittenenpraktikum) durchgeführt. Hierfür wurden je nach Skalenniveau Kruskal-Wallis-Tests (ordinalskalierte Daten) oder einfaktorische Varianzanalysen (intervallskalierte Daten) eingesetzt.

4. Ergebnisse

4.1. Relevanz verschiedener Zielbereiche von Praktika

Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über die mittleren Rangplätze, die Betreuende und Studierende den verschiedenen Zielen naturwissenschaftlicher Praktika zugewiesen haben. Die Ergebnisse zeigen, dass der Aufbau von Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeiten (Zielbereich (B)) von beiden Gruppen als das relevanteste Ziel von Praktika eingeschätzt wird. Ähnlich relevant wird der Aufbau experimenteller Fertigkeiten (Zielbereich (C)) gesehen, während die drei dann folgenden und im Mittel zwei Rangplätze niedriger einsortierten Ziele dem fachinhaltlichen Zielbereich (A) angehören. Interessant ist auch, dass insbesondere affektive Ziele (Zielbereich (E)) im Vergleich zu anderen Zielbereichen als eher weniger relevant eingeschätzt werden.

Statistische Analysen zeigen, dass es in der Stichprobe der Betreuenden höchstens kleine Unterschiede bzgl. der Rangplätze zwischen den Fächern gibt ($0.00 < r < 0.16$), die zudem nicht statistisch signifikant sind ($p > .05$). Auch zwischen Anfänger- und Fortgeschrittenenpraktika gibt es mit einer Ausnahme höchstens kleine und nicht signifikante Unterschiede bzgl. der Rangfolge ($0.01 < r < 0.13$). Die einzige Ausnahme stellt hier das Ziel „Studierende sollen ein angemessenes Bild eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses aufbauen (E)“ dar, welches in Fortgeschrittenenpraktika im Mittel zwei Rangplätze höher (d. h. relevanter) eingeschätzt wird als in Anfängerpraktika, was einem kleinen Effekt entspricht ($r = 0.18$, $p = .017$).

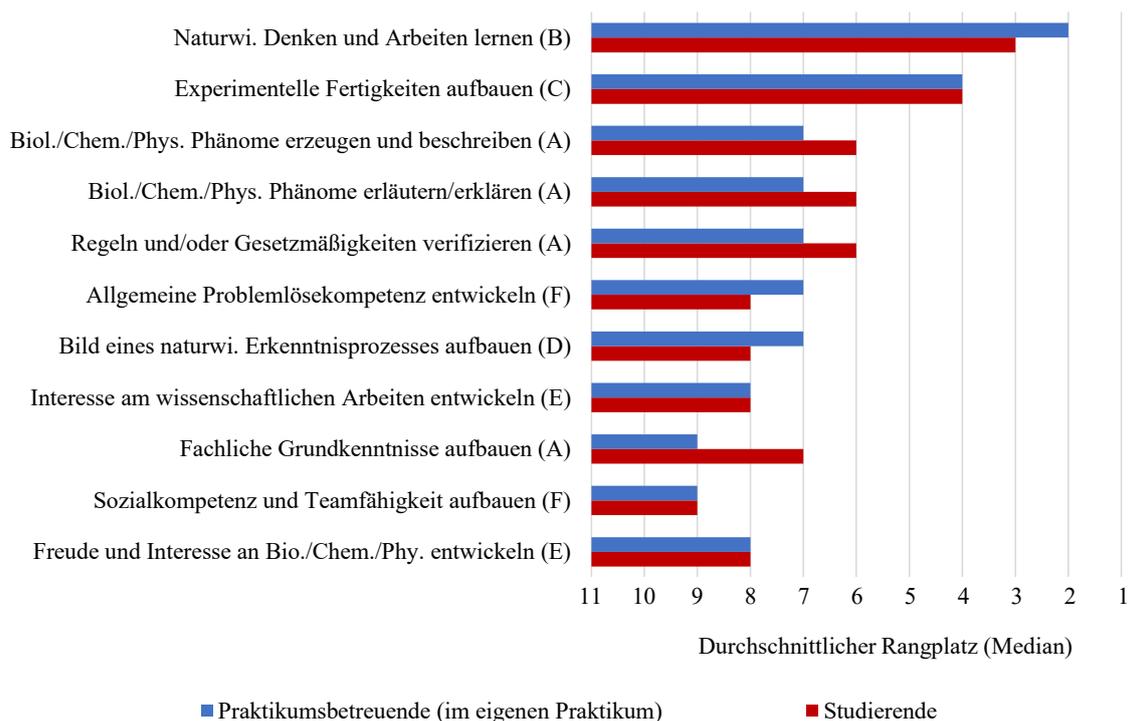


Abb. 1: Mittlere Rangplätze der verschiedenen Ziele naturwissenschaftlicher Praktika (Median) für die Gesamtstichprobe. Buchstaben in Klammern zeigen die Zuordnung der Ziele zu den Zielbereiche (A) bis (F).

Vergleicht man die Rangplätze zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern für die Stichprobe der Studierenden zeigen sich bei insgesamt 6 Zielen statistisch signifikante Unterschiede (Abb. 2), die alle kleinen Effekten entsprechen ($0.18 < r < 0.21$).

4.2. Relevanz einzelner NDAW

Werden die Teilfähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens noch einmal aufgeschlüsselt betrachtet, zeigt sich erneut die insgesamt hohe Relevanz, die diesem Zielbereich von Betreuenden und Studierenden zugeschrieben wird (Tab. 2). So liegen die Mittelwerte für alle sieben NDAW über dem Mittelwert der 5-stufigen Likert-Skala (3 = Die Fähigkeit sollte teilweise eine Rolle spielen).

Der Vergleich der einzelnen Teilfähigkeiten zeigt, dass insbesondere dem Durchführen, Auswerten, Dokumentieren und kritischen Reflektieren eine große Relevanz zugeschrieben wird (alle Mittelwerte größer als 4 = Die Fähigkeit sollte eine große Rolle spielen).

Zur Untersuchung der Frage, inwiefern es bzgl. der Relevanzeinschätzung Unterschiede zwischen den Fächern gibt, wurde eine einfaktorielles Varianzanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Relevanzeinschätzung zum Teil vom Fach abhängt, dem die Praktikumsbetreuenden zugehörig sind. Unterschiede zeigen sich für das Formulieren von Fragestellungen ($F(2,83) = 4.952, p = .009$), das Formulieren von Hypothesen ($F(2,83) = 4.299, p = .017$) und das Durchführen von Untersuchungen

($F(2,83) = 3.283, p = .042$). Die Unterschiede entsprechen mittleren Effekten (Fragen: $\eta^2 = .11$, Hypothesen $\eta^2 = .09$, Durchführung: $\eta^2 = .073$).

Teilfähigkeiten	MW (SD)		
	Bio.	Chem.	Phy.
Fragestellungen formulieren	4.1 (0.8)	3.7 (1.0)	3.2 (1.3)
Hypothese formulieren	4.0 (0.9)	3.9 (0.8)	3.3 (1.1)
Untersuchung planen	4.0 (1.0)	4.0 (1.1)	3.7 (1.3)
Untersuchung durchführen	4.5 (0.6)	4.6 (0.6)	4.1 (1.0)
Erkenntnisweg dokumentieren	4.8 (0.4)	4.6 (0.7)	4.4 (0.9)
Daten aufbereiten und auswerten	4.6 (0.6)	4.4 (0.7)	4.4 (0.9)
Daten kritisch reflektieren	4.4 (0.7)	4.6 (0.6)	4.4 (0.9)

Tab. 2: Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der eingeschätzten Relevanz verschiedener Teilfähigkeiten aus dem Bereich NDAW in Praktika von Praktikumsbetreuende der Biologie, Chemie und Physik (N = 86).

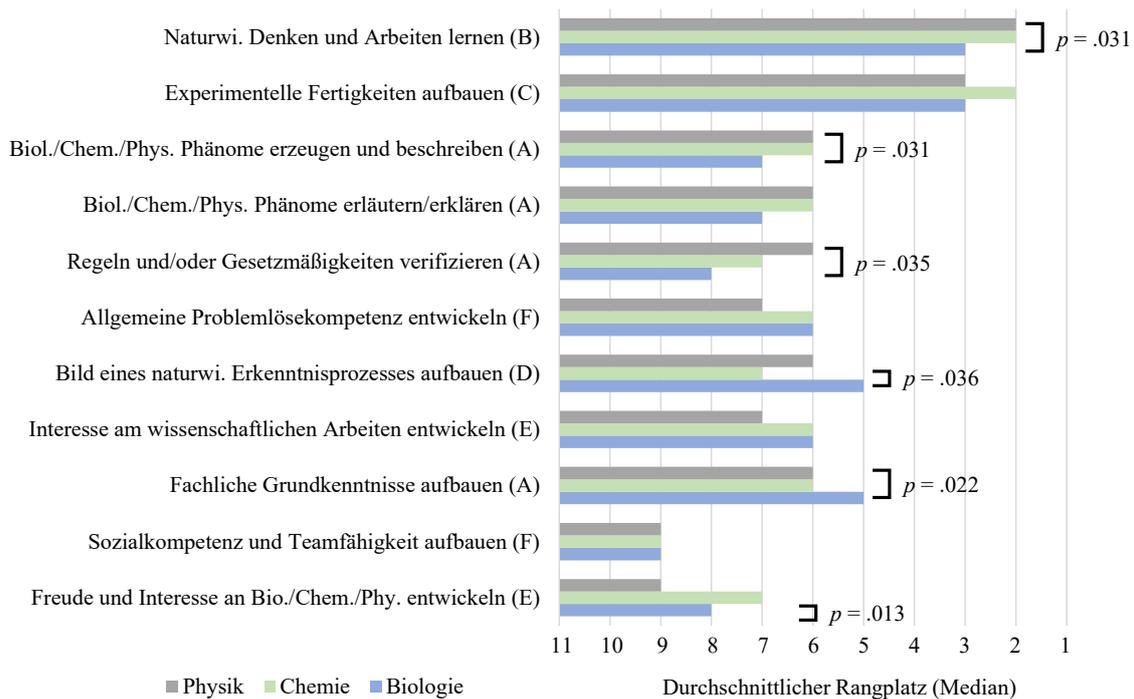


Abb. 2: Mittlere Rangplätze der verschiedenen Ziele naturwissenschaftlicher Praktika (Median) für die Studierenden der Fächer Biologie, Chemie und Physik. Buchstaben in Klammern zeigen die Zuordnung der Ziele zu den Zielbereiche (A) bis (F).

Anschließend durchgeführte Bonferroni post-hoc Tests zeigen zudem, dass diese drei NDAW vor allem in der Physik als deutlich weniger relevant eingeschätzt werden als in der Biologie und Chemie, während die Relevanzeinschätzung zwischen Biologie und Chemie eher ähnlich ist (Tab. 3).

Vergleicht man die Relevanzeinschätzung der Betreuenden mit der Einschätzung der Studierenden, dann zeigen sich z. T. deutliche Unterschiede. So schätzen Studierende die Relevanz des Formulierens von Fragen ($t = 5.088, p < .001, d = 0.57$), des Formulierens von Hypothesen ($t = 3.302, p = .001, d = 0,36$), des Planens von Untersuchungen ($t = 5.609, p < .001, d = 0,54$) und des kritischen Reflektierens von Daten ($t = 5.148, p < .001, d = 0,5$) als deutlich weniger relevant ein als die Betreuenden. Die Unterschiede entsprechen ungefähr einer halben Abstufung der Likert-Skala (0.5 Punkte) bzw. kleinen bis mittleren Effekten. Vergleicht man nur die Einschätzung von Betreuenden und Studierenden der Physik, finden sich in der Tendenz ähnlich Abweichungen, allerdings sind die Unterschiede in der Einschätzung hier kleiner und nicht mehr statistisch signifikant.

Ob es sich um ein Anfänger- oder ein Fortgeschrittenpraktikum handelt, scheint keinen Einfluss auf die Einschätzung der Relevanz der einzelnen NDAW zu haben. Die hierzu durchgeführten t-Tests zeigen, dass die eher kleinen Mittelwertunterschiede nicht statistisch signifikant sind.

Vergleich	MW Differenz	Std.-fehler	p
Fragen			
Phy. – Bio.	-0.96	0.30	.007
Phy. – Chem.	-0.54	0.27	.159
Bio. – Chem.	0.40	0.28	.492
Hypothesen			
Phy. – Bio.	-0.70	0.27	.030
Phy. – Chem.	-0.60	0.24	.047
Bio. – Chem.	0.10	0.25	> .99
Durchführen			
Phy. – Bio.	-0.43	0.21	.135
Phy. – Chem.	-0.46	0.19	.058
Bio. – Chem.	-0.03	0.20	> .99

Tab. 3: Ergebnisse der Bonferroni post-hoc Tests zum Fächervergleich für die NDAW Fragen formulieren, Hypothesen formulieren und Untersuchungen planen (Betreuende).

4.3. Rolle einzelner NDAW

Neben der Frage zur grundsätzlichen Relevanz wurden die Betreuenden auch dazu befragt, welche Rolle den einzelnen NDAW aus ihrer Sicht in den von ihnen betreuten Praktika zukommt. Hierbei ist zunächst festzuhalten, dass – vor dem Hintergrund der in Abschnitt 4.2 berichteten Ergebnisse erwartungskonform – nur ein geringer Anteil der

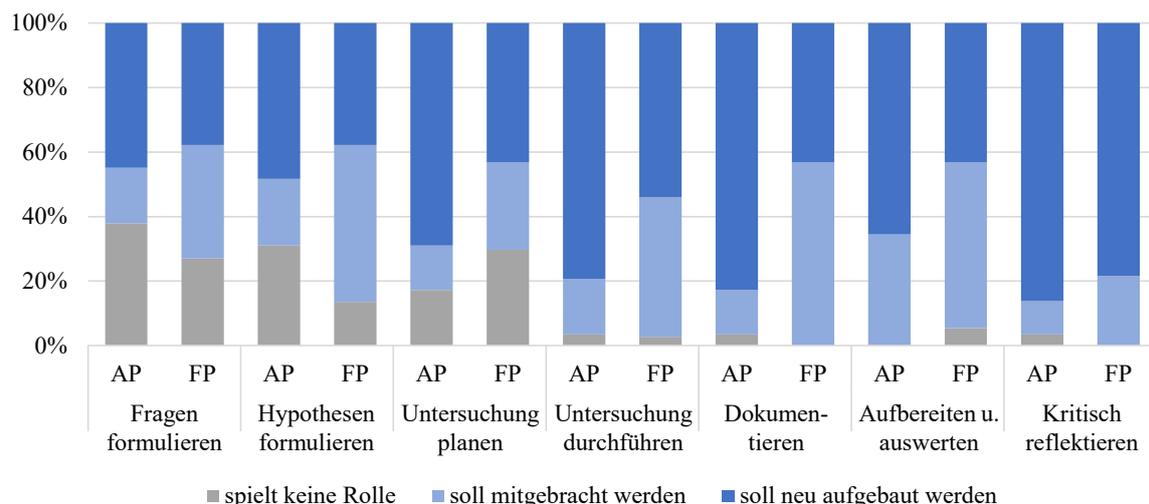


Abb. 3: Vergleich der Rolle der einzelnen NDAW zwischen Anfängerpraktika (AP) und Fortgeschrittenenpraktika (FP) für die Gesamtstichprobe aller Betreuenden.

Betreuenden angibt, dass die NDAW in ihren Praktika keine Rolle spielen (Abb. 3 / Tab. 4, zweite Spalte). Interessant ist jedoch, dass alle in der Befragung erfassten NDAW in den Praktika primär „neu aufgebaut / gelernt“ werden sollen (Abb. 3 / Tab. 4, vierte Spalte). Die Annahme, dass NDAW in den Praktika lediglich zur Anwendung kommen und dabei gefestigt oder ausgebaut werden sollen, findet sich hingegen deutlich seltener (Abb. 3 / Tab. 4, dritte Spalte). Besonders stark ausgeprägt ist die Rolle der Praktika als Lernort für das Planen, Durchführen und Dokumentieren von Untersuchungen sowie für das kritische Reflektieren von Daten.

Die Teilfähigkeit...	...spielt keine Rolle	...soll mitgebracht werden	...soll neu aufgebaut werden
Fragestellungen formulieren	27,1%	27,1%	45,9%
Hypothese formulieren	17,6%	37,6%	44,7%
Untersuchung planen	21,2%	16,5%	62,4%
Untersuchung durchführen	2,4%	31,8%	65,9%
Erkenntnisweg dokumentieren	1,2%	38,8%	60,0%
Daten aufbereiten und auswerten	3,5%	41,2%	55,3%
Daten kritisch reflektieren	2,4%	14,1%	83,5%

Tab. 4: Prozentuale Anteile der Rollen, die den NDAW von Praktikumsbetreuende der Biologie, Chemie und Physik in ihren eigenen Praktika zugewiesen wurden (N = 85; eine Person hat den Teil des Fragebogens nicht bearbeitet).

Ergänzend durchgeführte χ^2 -Tests zeigen, dass es bzgl. der Einschätzung der Rolle der einzelnen NDAW keine signifikanten Unterschiede zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern zu geben scheint ($p > .05$).

Der Vergleich zwischen Anfänger- und Fortgeschrittenenpraktika (Abb. 3) deutet erwartungskonform drauf hin, dass NDAW in Anfängerpraktika häufiger neu aufgebaut werden sollen als in Fortgeschrittenenpraktika (Mittelwert AP: 68,0 %, Mittelwert FP: 48,3 %). Umgekehrt werden NDAW in Anfängerpraktika deutlich seltener vorausgesetzt (bzw. sollen bereits mitgebracht werden) als in Fortgeschrittenenpraktika (Mittelwert AP: 18,2 %, Mittelwert FP: 40,5 %). Insgesamt ist jedoch bemerkenswert, dass auch bezogen auf Fortgeschrittenenpraktika die Mehrheit der Betreuenden im Mittel angibt, dass NDAW neu aufgebaut werden sollen.

5. Diskussion

Laborpraktika und das damit verbundene praktisch-experimentelle Arbeiten werden zum Erreichen einer Reihe unterschiedlicher Ziele eingesetzt (z. B. Nagel et al., 2018; Reid & Shah, 2007; Teichmann et al., 2022; Welzel et al., 1998). Im Vordergrund stehen dabei gerade in universitären Praktika vor allem der Aufbau fachinhaltlicher Fähigkeiten, Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens sowie der Aufbau experimenteller Fertigkeiten, während affektive Ziele in der Regel weniger relevant sind (z. B. Nagel et al., 2018; Welzel et al., 1998). Dieses grundsätzliche Muster zeigt sich auch in den hier vorgestellten Ergebnissen. Unsere Befunde zeigen zudem, dass sich die verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik bzgl. dieses Musters kaum unterscheiden. Bemerkenswert ist aus unserer Sicht jedoch, dass sich die Reihung der primären Ziele von naturwissenschaftli-

chen Praktika gegenüber früheren Erhebungen invertiert zu haben scheint. Hatten Welzel et al. (1998) für Lehrende an Universitäten noch die Reihung fachinhaltlichen Fähigkeiten (am relevantesten), experimentelle Fertigkeiten, Fähigkeiten aus dem Bereich NDAW beobachtet, wurde in unseren Analysen NDAW als das relevanteste Ziel von Praktika eingeschätzt (FF 1). Es bleibt jedoch zu klären, ob es sich bei dieser Inversion um ein Artefakt handelt oder damit ein tatsächlicher Wechsel in der primären Zielsetzung universitärer Praktika einhergeht.

Mit Blick auf die Unterschiede zwischen den einzelnen naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (FF 2a) ist festzuhalten, dass insb. Fähigkeiten zur Vorbereitung einer Untersuchung (Fragen und Hypothesen formulieren, Untersuchung planen) für Praktika als weniger relevant eingeschätzt werden als Fähigkeiten zur Durchführung und Auswertung. Dieser Befund passt zu den in Nagel et al. berichteten Ergebnissen, die zeigen, dass Ziele, die dem Bereich der Vorbereitung zuzuordnen sind (dort z. B. „Vorhersagemodell entwickeln“, „Überprüfbare Forschungsfrage aufstellen“ oder „Experimentalaufbau effektiv planen“), häufig nur „sekundäre“ oder „tertiäre“ (2018, S. 106) Ziele sind. Der Befund erscheint auch deshalb plausibel, weil anzunehmen ist, dass in universitären Praktika typischerweise ein Großteil der Vorbereitung eines Praktikumsversuchs vorgegeben ist und von den Studierenden höchstens nachvollzogen werden muss (z. B. Holmes & Lewandowski, 2020; Holmes & Wieman, 2018; Reid & Shah, 2007; Sacher & Bauer, 2020). Vor diesem Hintergrund ist jedoch gleichzeitig interessant, dass die drei der Vorbereitung zuzuordnenden Fähigkeiten von Praktikumsbetreuenden zwar im Vergleich zu den anderen NDAW weniger, aber absolut gesehen immer noch als eher relevant eingeschätzt werden (Tab. 3).

Der Vergleich der von Betreuenden angestrebten und von Studierenden wahrgenommenen Zielen liefert ein gemischtes Bild. Insgesamt scheinen Studierende und Betreuende sowohl bzgl. der grundsätzlichen Relevanz verschiedener Zielbereiche naturwissenschaftlicher Praktika als auch bzgl. der Stellung des Zielbereichs NDAW im Vergleich zu anderen Zielbereichen zu sehr ähnlichen Einschätzungen zu gelangen (Kirschner et al., 1993). Bei der Einschätzung der Relevanz einzelner NDAW zeigen sich jedoch zum Teil deutlich Unterschiede. Insbesondere das Formulieren von Fragen und Hypothesen sowie das Planen von Untersuchungen wird von Studierenden als deutlich weniger relevant wahrgenommen als von Betreuenden.

Eine weitere zentrale Erkenntnis des hier vorgestellten Projekts resultiert daraus, dass neben der Relevanz von NDAW auch erfasst wurde, welche Rolle die einzelnen NDAW in universitären Praktika typischerweise spielen (FF 2b). Bemerkenswert ist dabei aus unserer Sicht, dass viele Fähigkeiten aus dem Bereich NDAW insbesondere in Anfängerpraktika

aber auch in Fortgeschrittenenpraktika häufig nicht nur als Fähigkeiten angesehen werden, die Studierende aus vorlaufenden Lernangeboten mitbringen sollen. Vielmehr nehmen die Praktikumsbetreuenden aller drei Fächer häufig an, dass die Praktika ein Ort sind, an dem Fähigkeiten aus dem Bereich NDAW neu aufgebaut werden sollen. Das gilt selbst dann noch, wenn nur die Fortgeschrittenenpraktika betrachtet werden, bei denen davon ausgegangen werden kann, dass die Studierenden, die diese Praktika besuchen, vorher auch schon andere universitäre Praktika besucht haben.

6. Fazit und Implikationen für Lehre und Forschung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Aufbau von Fähigkeiten aus dem Bereich NDAW aus Sicht von Praktikumsbetreuenden ein zentrales Ziel naturwissenschaftlicher Praktika ist und auch von Studierenden als solches wahrgenommen wird. Gleichzeitig zeigt die Befundlage aber auch, dass in Praktika darüber hinaus eine Reihe weiterer Ziele eine zentrale Rolle spielen (z. B. Nagel et al., 2018; Welzel et al., 1998). Es erscheint deshalb sinnvoll, für jedes Praktikum und ggf. sogar für jedes Experiment innerhalb eines Praktikums genau zu klären, zu welchen Zielen ein Beitrag geleistet werden soll, und das Lernangebot, in das das Experimentieren eingebettet ist (z. B. Skript, Kolloquium, Nachbesprechung), entsprechend diesen Zielen auszurichten (Reid & Shah, 2007).

Ist das primäre Ziel eines Praktikums oder eines einzelnen Experiments der Aufbau von Fähigkeiten aus dem Bereich NDAW, ergeben sich auch vor dem Hintergrund der oben dargestellten Ergebnisse aus fachdidaktischer Perspektive mindestens zwei wichtige Implikationen für dessen Gestaltung.

6.1. Gelegenheiten zur eigenständigen Anwendung von NDAW in Praktika

Empirische Befunde deuten darauf hin, dass Studierende in naturwissenschaftlichen Praktika zum Teil kaum Gelegenheit dazu haben, die von Lehrenden als relevant eingeschätzten NDAW selbst auszuführen und anzuwenden. So haben Studierende in Praktika zwar einerseits häufig umfassend Gelegenheit dazu, selbst Untersuchungen durchzuführen, Daten auszuwerten und ihren Erkenntniswege zu dokumentieren. Andererseits gibt es jedoch typischerweise wenige Möglichkeiten für Studierende, selbst Fragestellungen und Hypothesen zu entwickeln oder eine eigene Untersuchung zu planen, weil diese Schritte des Erkenntnisprozesses in der Regel vorgegeben sind, beispielsweise durch das Praktikums Skript (z. B. Holmes & Lewandowski, 2020; Holmes & Wieman, 2018; Reid & Shah, 2007). Zwar ist an dieser Stelle zu betonen, dass die hier angeführten Befunde aus internationalen Studien stammen und deshalb nicht ohne Weiteres auf Praktika an deutschen Hochschulen übertragen werden können. Es erscheint uns jedoch plausibel anzunehmen, dass sich

hierzulande ein ähnliches Bild zeigt (s. a. Diskussion in Sacher & Bauer, 2020). Für diese Deutung spricht auch, dass die Studierenden in unserer Stichprobe das Formulieren von Fragen und Hypothesen sowie das Planen von Untersuchungen als deutlich weniger relevant wahrnehmen als die Betreuenden. Wenn Studierende jedoch auch solche eher auf die Vorbereitung einer Untersuchung bezogenen Fähigkeiten aufbauen sollen, dann erscheint es zielführend, mindestens an ausgewählte Stellen in Praktika Gelegenheiten zu deren Anwendung zu integrieren (siehe z. B. Ansätze in Neumann & Welzel, 2007; Sacher & Bauer, 2020).

6.2. Explizite Thematisierung von Regeln und Strategien zu NDAW

Eine zweite Implikation betrifft die Thematisierung von Regeln und Strategien, die Studierenden mindestens intuitiv verstehen müssen, um zielgerichtet und sachangemessen NDAW anwenden zu können (z. B. dazu, wie man eine naturwissenschaftliche Hypothese formuliert oder eine variablenkontrollierte Untersuchung plant). Empirische Befunde zeigen, dass Lernangebote, die auf den Aufbau von NDAW abzielen, insbesondere dann effektiv sind, wenn Lernende nicht nur Gelegenheit haben, diese Denk- und Arbeitsweisen selbst anzuwenden (s. o.), sondern die zur Entfaltung dieser Fähigkeiten notwendigen Regeln und Strategien explizit thematisiert werden (z. B. Lorch et al., 2010; Matlen & Klahr, 2013; Vorholzer et al., 2020). Zentrale Elemente einer expliziten Thematisierung sind beispielsweise, dass Regeln und Strategien den Lernenden im Rahmen des Lernangebots mitgeteilt, erläutert und an Beispielen verdeutlicht werden (z. B. Kalthoff et al., 2018; Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019). In naturwissenschaftlichen Praktika kann eine solche explizite Thematisierung z. B. im Rahmen einer Vorbesprechung, als Bestandteil des Skripts oder in Form einer Vor- oder Nachbereitungsveranstaltung umgesetzt werden (z. B. Kalthoff et al., 2018; Ortman et al., 2022).

Ähnlich wie bei der Frage nach den Möglichkeiten zum eigenständigen Anwenden von NDAW sind auch zur Frage, inwiefern NDAW in naturwissenschaftlichen Praktika explizit thematisiert werden, empirische Befunde rar. Auf Basis eigener Beobachtungen und dem Austausch mit Kolleginnen und Kollegen an anderen Standorten gehen wir jedoch davon aus, dass explizite Thematisierung in der Regel eher selten stattfindet.

6.3. Perspektiven für fachdidaktische Forschung

Während es im deutschsprachigen und internationalen Raum bereits einige Arbeiten zu den Zielen universitärer Praktika in den Naturwissenschaften gibt (insb. aus Perspektive der Betreuenden), liegen derzeit kaum Erkenntnisse dazu vor, wie solche Praktika in der Praxis gestaltet sind. In der Literatur finden sich zwar Beschreibungen typischer Gestaltungsmerkmale von Praktika (z. B. Sacher & Bauer,

2020), denen vermutlich die meisten in der Betreuung solcher Praktika tätigen Personen zustimmen würden, eine empirische Prüfung dieser Beschreibungen steht jedoch noch aus.

Verbunden mit der gegenwärtigen Gestaltung stellt sich zudem die Frage, wie Studierenden im Rahmen von Praktika dabei unterstützt werden können, Fähigkeiten aus dem Bereich NDAW aufzubauen. Die in den Abschnitten 6.1 und 6.2 skizzierten Überlegungen zeigen Ansatzpunkte zur Förderung solcher Fähigkeiten auf, wurden jedoch überwiegend aus Studien mit jüngeren Lernenden abgeleitet (Sekundarstufe I oder II; Lorch et al., 2010; Matlen & Klahr, 2013; Vorholzer et al., 2020). Folglich stellt sich die Frage, wie effektiv diese Ansätze im Kontext universitärer Praktika sind bzw. ob so viel Aufwand (viele Gelegenheiten zur Anwendung, explizite Thematisierung) hier ebenfalls notwendig ist.

7. Literatur

- Boud, D. J., Dunn, J., Kennedy, T. & Thorley, R. (1980). The aims of science laboratory courses: a survey of students, graduates and practising Scientists. *European Journal of Science Education*, 2(4), 415–428. <https://doi.org/10.1080/0140528800020408>
- Emden, M. & Sumfleth, E. (2016). Assessing students' experimentation processes in guided inquiry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(1), 29–54. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9564-7>
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sc.10106>
- Holmes, N. G. & Lewandowski, H. J. (2020). Investigating the landscape of physics laboratory instruction across North America. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020162>
- Holmes, N. G. & Wieman, C. E. (2018). Introductory physics labs: We can do better. *Physics Today*, 71(1), 38–45. <https://doi.org/10.1063/PT.3.3816>
- Kalthoff, B., Theyssen, H. & Schreiber, N. (2018). Explicit promotion of experimental skills. And what about the content-related skills? *International Journal of Science Education*, 93(2), 1305–1326. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1477262>
- Kirschner, P., Meester, M., Middelbeek, E. & Hermans, H. (1993). Agreement between student expectations, experiences and actual objectives of practicals in the natural sciences at the Open university of The Netherlands. *International Journal of Science Education*, 15(2), 175–197. <https://doi.org/10.1080/0950069930150206>
- Krell, M., Vorholzer, A. & Nehring, A. (2022). Scientific reasoning in science education: From global measures to fine-grained descriptions of

- students' competencies. *Education Sciences*, 12(2), 97.
<https://doi.org/10.3390/educsci12020097>
- Lorch, R. F., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C. & Freer, B. D. (2010). Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms: Contributions of explicit instruction and experimentation. *Journal of Educational Psychology*, 102(1), 90–101. <https://doi.org/10.1037/a0017972>
- Matlen, B. J. & Klahr, D. (2013). Sequential effects of high and low instructional guidance on children's acquisition of experimentation skills: Is it all in the timing? *Instructional Science*, 41(3), 621–634. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9248-z>
- Nagel, C., Scholz, R. & Weber, K.-A. (2018). Umfrage zu den Lehr/Lernzielen in physikalischen Praktika. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Dresden 2018*, 97–109. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/829>
- Neumann, K. & Welzel, M. (2007). A new labwork course for physics students: devices, methods and research projects. *European Journal of Physics*, 28(3), S61-S69.
<https://doi.org/10.1088/0143-0807/28/3/S06>
- Ortmann, J., Graulich, N. & Vorholzer, A. (2022). Fragen stellen, Versuche planen, Variablen kontrollieren. *Nachrichten der Chemie*, 70(4), 14–17. <https://doi.org/10.1002/nadc.20224123791>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. de, van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172–185.
<https://doi.org/10.1039/B5RP90026C>
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- Sacher, M. D. & Bauer, A. B. (2020). Kompetenzförderung im Laborpraktikum. In C. Terkowsky, D. May, S. Frye, T. Haertel, T. R. Ortelt, S. Heix & K. Lensing (Hrsg.), *Labore in der Hochschullehre: Didaktik, Digitalisierung, Organisation* (S. 51–66). wbv.
- Teichmann, E., Lewandowski, H. J. & Alemani, M. (2022). Investigating students' views of experimental physics in German laboratory classes. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1), 10135.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010135>
- Terkowsky, C., May, D., Frye, S., Haertel, T., Ortelt, T. R., Heix, S. & Lensing, K. (Hrsg.). (2020). *Labore in der Hochschullehre: Didaktik, Digitalisierung, Organisation*. wbv.
<https://doi.org/10.3278/6004804w>
- Vorholzer, A. & von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction – an attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1562–1577.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1616124>
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Boone, W. J. (2020). Fostering upper secondary students' ability to engage in practices of scientific investigation: a comparative analysis of an explicit and an implicit instructional approach. *Research in Science Education*, 50(1), 333–359.
<https://doi.org/10.1007/s11165-018-9691-1>
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K. & von Aufschnaiter, S. (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.

Danksagung

Wir bedanken uns bei der Justus-Liebig-Universität Gießen für die Förderung der hier vorgestellten Studie. Darüber hinaus danken wir allen Betreuenden und Studierenden, die an den Befragungen teilgenommen haben, sowie der Arbeitsgruppe Physikalische Praktika der DPG und der Gesellschaft Deutscher Chemiker für die Unterstützung bei der Gewinnung von Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmern.