

# Schwierigkeitserzeugende Merkmale im Physikunterricht- Die Perspektive von Schüler\*innen

Jan Winkelmann<sup>1</sup>, Mareike Freese<sup>2</sup>, Tim Strömmer<sup>3</sup>

Received: January 2021 / Accepted: October 2021

## Structured Abstract

**Hintergrund:** Physik wird von vielen Schüler\*innen als besonders schwieriges Unterrichtsfach wahrgenommen. Häufig geht diese Einschätzung mit einer hohen Unbeliebtheit des Faches einher. Obwohl dieser Befund nicht neu ist, liegen erstaunlich wenige Forschungsergebnisse zu den Gründen der von Schüler\*innen wahrgenommenen Schwierigkeiten vor.

**Ziel:** Die in diesem Beitrag vorgestellten Studien untersuchten die Schüler\*innenperspektive auf schwierigkeitserzeugende Merkmale im Physikunterricht.

**Stichprobe/Rahmen:** Insgesamt liegen Daten von 220 Schüler\*innen vor. Die Befragungen erfolgten an hessischen Realschulen und Gymnasien in den Jahrgängen neun bis elf.

**Design and Methoden:** Zwei Studien arbeiteten mit quantitativen Fragebögen (paper-pencil), eine Studie untersuchte das Thema mithilfe einer qualitativen Fallstudie (Lautes Denken und leitfadengestützte Interviews). In allen Fällen handelt es sich um Schüler\*innenbefragungen ohne vorherige Intervention.

**Ergebnisse:** Es zeigt sich, dass von Schüler\*innen insbesondere eine fehlende Alltagsrelevanz der Inhalte als Grund angesehen wird, weshalb der Physikunterricht als schwierig wahrgenommen wird. Zudem geben die Schüler\*innen an, dass ein hohes Mass persönlicher Anstrengung nötig sei, um ein Verständnis zu entwickeln. Hinsichtlich fachspezifischer Merkmale sowie beim Lösen physikalischer Problemstellungen erweisen sich der Umgang mit fachsprachlichen Begriffen sowie das Modellieren - hier insbesondere die Konstruktion von Modellen - als schwierig für die Schüler\*innen.

**Fazit:** In der Gesamtschau der drei Studien deutet vieles darauf hin, dass unter anderem der Bedeutung von Modellen und den damit einhergehenden Schwierigkeiten eine (noch) grössere Aufmerksamkeit seitens der Fachdidaktik gewidmet werden sollte. Eine Fokussierung auf den Konstruktionsprozess von Modellen unter Berücksichtigung zugrunde liegender Idealisierungen könnte Schüler\*innen dabei helfen, Verständnis darüber zu erhalten, warum die jeweils verwendeten Modelle genau die gewollten Eigenschaften besitzen. Am Ende des Beitrags werden Implikationen für den Physikunterricht sowie für weitergehende Forschungsfelder skizziert.

**Keywords:** *Schwierigkeitserzeugende Merkmale, Beliebtheit, Physikunterricht*

---

**Background:** Many pupils perceive physics as a particularly difficult subject. This assessment is often associated with the high degree of unpopularity of physics. Although this finding is not new, there is surprisingly little research on the reasons for perceived difficulty for pupils in physics.

**Purpose:** The studies presented in this paper examined the student's perspective on characteristics that create difficulties in physics lessons.

**Sample/Setting:** The studies cover data from 220 pupils and include a survey carried out at Hessian secondary schools from grades nine to eleven.

**Design and Methods:** Two studies worked with quantitative questionnaires (paper-pencil). One study examined the topic based on a qualitative case study (think-aloud; guided interviews). All studies include surveys of pupils without prior intervention.

**Results:** According to the participants, a lack of everyday relevance of the content is one reason why physics lessons are perceived as difficult. Furthermore, pupils emphasized the high degree of personal effort that is necessary. Dealing with technical terms and modeling, particularly the construction of models, with regard to subject-specific characteristics and solving physical problems, proved difficult for the pupils.

**Conclusions:** Overall the three studies show that the importance of models and the associated difficulties should be given (even) greater attention by science education research. Focusing on the construction process of models in consideration of the underlying idealizations, could help pupils understand why the models used in each case have the respective properties. At the end of the paper, implications for physics teaching and further research fields are outlined.

**Keywords:** *Difficulty-creating characteristics, popularity, physics lessons*

---

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, <sup>2</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main, <sup>3</sup>Musterschule Frankfurt am Main  
✉ jan.winkelmann@ph-gmuend.de

## 1 Einleitung

Physik wird von vielen Schüler\*innen als besonders schwieriges Unterrichtsfach wahrgenommen. Häufig geht diese Einschätzung mit einer hohen Unbeliebtheit des Faches einher. Obwohl dieser Befund nicht neu ist, liegen erstaunlich wenige Forschungsergebnisse zu den Gründen der von Schüler\*innen wahrgenommenen Schwierigkeiten vor. Wie im theoretischen Hintergrund gezeigt werden wird, gibt es eine Reihe von Studien, die sich entweder mit Studierenden an Hochschulen befassen, die die Sicht von Lehrenden der Physik darstellen oder die – wenn es sich doch um Schüler\*innenbefragungen handelt – von Fächervergleichen berichten und nicht nach den Gründen fragen, die hinter der jeweiligen Bewertung eines Faches stehen. Ergänzt werden solche Studien durch normative Annahmen über schwierigkeits-erzeugende Merkmale des Physikunterrichts, wie zum Beispiel den hohen Abstraktionsgrad durch Mathematik und Modellierungen. Die Perspektive von Schüler\*innen auf das schwierige Fach Physik stellt somit ein Forschungsdesiderat dar.

Im vorliegenden Beitrag werden drei empirische Abschlussarbeiten vorgestellt, die sich literaturgestützt auf unterschiedlichen Wegen der Schüler\*innenperspektive auf schwierigkeits-erzeugende Merkmale im Physikunterricht nähern haben. Zwei Studien arbeiteten mit quantitativen Fragebögen, eine Studie untersuchte das Thema mithilfe einer qualitativen Fallstudie. In der Gesamtschau der drei Studien deutet vieles darauf hin, dass unter anderem der Bedeutung von Modellen und damit einhergehenden Schwierigkeiten im Modellverständnis eine (noch) grössere Aufmerksamkeit seitens der Fachdidaktik gewidmet werden sollte.

## 2 Hintergrund

Unter der Prämisse, dass das Unterrichtsfach Physik als besonders schwierig wahrgenommen wird und unter Schüler\*innen als besonders unbeliebt gilt, stellt sich die Frage, warum das Unterrichtsfach Physik in dieser Hinsicht eine Sonderstellung im Fächerkanon einnimmt. Im vorliegenden Beitrag wird grundlegend von zwei Einflüssen auf das Schwierigkeitsempfinden ausgegangen: zum einen von fachspezifischen Eigenheiten und zum anderen von vermuteten schwierigkeits-erzeugenden Merkmalen. Hierbei erscheint eine gewisse Überschneidung naheliegend, darf doch zum Beispiel das Modellieren naturwissenschaftlicher Phänomene sowohl als fachspezifisch und zugleich als schwierigkeits-erzeugend eingeschätzt werden. Zusätzlich können fachunabhängige schwierigkeits-erzeugende Merkmale, wie etwa die Bereitschaft zu persönlicher Anstrengung, auftreten. Im Folgenden werden daher fachspezifische Merkmale benannt und näher beschrieben. Zudem werden exemplarisch empirische Ergebnisse zu bekannten Lernschwierigkeiten im Rahmen der genannten Fachspezifika vorgestellt, gleichwohl aber wird mit Blick auf die Forschungsfrage des Beitrags (Kap. 3) auf eine umfassende und differenzierte Darstellung empirischer Studien hierzu verzichtet. In einem zweiten Schritt werden Studien und Publikationen berichtet, die sich bisher explizit dem Thema der wahrgenommenen Schwierigkeit und (Un-)Beliebtheit des Fachs Physik gewidmet haben.

### 2.1 Spezifika des Physikunterrichts

Mit der Beschreibung fachspezifischer Merkmale von Physikunterricht wird in diesem Beitrag der Versuch unternommen, solche Unterrichtsaspekte zu identifizieren, in denen sich das Schulfach Physik massgeblich von anderen Schulfächern unterscheidet. Es werden also solche Unterrichtsaspekte, die zwar im Physikunterricht, aber auch in vielen anderen Schulfächern eine übliche Praxis darstellen, von dem hier gebrauchten Begriff des fachspezifischen Merkmals nicht miterfasst. Es muss allerdings eingeräumt werden, dass eine allzu scharfe Trennung bereits aufgrund der sehr ähnlichen Fachmethodik im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht möglich ist und entsprechend keine vollends überschneidungsfreie Trennung von Unterrichtsspezifika etwa zur Chemie oder Biologie erfolgen kann. Die im Folgenden als für den Physikunterricht fachspezifisch erachteten Merkmale wurden auf Basis der von Hoffmann, Häussler und Lehrke (1998) untersuchten Tätigkeiten im Physikunterricht – die von Herbst, Fürtbauer und Strahl (2016) weiter ausdifferenziert wurden – und unter Einbeziehung der Überlegungen von Fruböse (2010) zu Schwierigkeiten des Physikunterrichts erarbeitet. Eine vertiefte Auseinandersetzung mit entsprechender Fachliteratur findet in Strömmer (2020) statt.

#### 2.1.1 Abstraktion und Darstellung

Physikunterricht bedient sich verschiedener Darstellungs- und Symbolisierungsformen, die auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus liegen. Dabei können für einen physikalischen Sachverhalt mehrere Darstellungen angemessen sein, sodass im Physikunterricht entsprechend zwischen einzelnen Darstellungsformen gewechselt wird. Ein Darstellungswechsel kann dabei fachlich, didaktisch, methodisch, lernpsychologisch oder pädagogisch begründet sein (Leisen, 2005). Hierzu erläutert Fruböse (2010), dass es charakteristisch für Physikunterricht sei, Schüler\*innen das Operieren auf vier verschiedenen Darstellungsebenen (gegenständlich, sprachlich, symbolisch, mathematisch) abzuverlangen. Rauhfuß (1989, zit. nach Fruböse, 2010) erkennt mehrere Aspekte von Abstraktheit, die das Fach Physik von anderem Fachunterricht unterscheiden: (a) Wahrgenommenes wird nüchtern und mit abstrakten Mitteln (der Mathematik) behandelt, (b) Erfahrungen werden sehr verengt mittels bestimmter (Mess-)Instrumente gemacht, (c) es wird in einer

künstlichen, mathematischen Fachsprache kommuniziert und (d) die Kommunikation von Einsichten erfolgt höchst unpersönlich. Insbesondere die Mathematisierung und die Fachsprache erscheinen uns hierbei als wesentlich, haben beide doch Bedeutung für gleich mehrere Kompetenzbereiche der Bildungsstandards Physik (KMK, 2005). So sollen die Schüler\*innen die Kompetenzen erwerben, einfache Formen der Mathematisierung anzuwenden und unter ihrer Zuhilfenahme Daten auszuwerten (Erkenntnisgewinnung). Zudem sollen sie zwischen Alltags- und Fachsprache unterscheiden und sich in angemessener Fachsprache austauschen können (Kommunikation).

### 2.1.2 Fachsprache

Eine adäquate Beschreibung physikalischer Phänomene bedarf einer exakten Verwendung von Fachsprache. Diese Fachsprache muss deutlich von der Alltagssprache abgegrenzt werden, um inhaltlich gehaltvolle und konzeptuell korrekte Aussagen formulieren zu können und damit eine physikalische Konzeptentwicklung anzubahnen (Rincke, 2011). Die Verwendung von Fachsprache kann als fachspezifische Zuspitzung von Bildungssprache verstanden werden, etwa unter Nutzung spezieller Begriffe oder Textsorten (z.B. Protokolle, Beschreibungen). Bildungssprache zeichnet sich dabei grundlegend durch strukturiertes Argumentieren sowie eine adressatengerechte Kommunikation aus und lässt sich damit bereits häufig von alltagssprachlichen Situationen abgrenzen (Wodzinski & Heinicke, 2018).

Rincke und Markic (2018) beschreiben ein „Täumeln zwischen Fach- und Alltagssprache“, sobald Schüler\*innen explizit zur Verwendung von Fachsprache aufgefordert werden und damit vor der Entscheidung stehen, den Inhalt oder die sprachliche Form ihrer Äußerung zu priorisieren. Dabei wird die Priorität meistens auf den Inhalt sowie auf die Verwendung von Alltagssprache gelegt und damit einhergehend häufig auf die Nutzung von Alltagskonzepten ausgewichen. Wird hingegen die Priorität auf die Verwendung von Fachsprache gelegt, so ist der Inhalt nur wenig gehaltvoll.

### 2.1.3 Mathematisierung

Eine weitere Sprache, die im Physikunterricht Anwendung findet, ist die Mathematik. Sie stellt eine Sprache dar, die stark normiert ist, von theoretischen Begriffen durchzogen ist und in der mit eigenen mathematischen Symbolen kommuniziert wird (Leisen, 1998). Physikalische Aussagen können mittels mathematischer Symbolik quasi losgelöst von herkömmlicher Sprache gemacht werden (Wagenschein, 1988). Zwar kann der physikalische Gehalt einer Gleichung auch mit Worten beschrieben werden, jedoch erschwert dies den fachlichen Informationsaustausch. Die Mathematik ist dabei keineswegs allein ein Mittel der Kommunikation, sondern fungiert insbesondere auch als Werkzeug, mit dem Herleitungen und Argumentationen angestellt werden können, um physikalische Aus- und Vorhersagen zu treffen (Pospiech, Uhden & Geyer, 2015). Historisch betrachtet hat die Mathematisierung der Physik als Wissenschaft bis heute soziale und epistemologische Konsequenzen. Deutlich werden diese am Ausschluss von mathematisch nicht bewanderten Personen vom physikalischen Diskurs sowie an einer Neudefinition des Erklärungsbegriffes (Gingras, 2001). Anhand seiner Prägung durch quantitative Experimente und Rechenaufgaben wird auch im schulischen Physikunterricht die Verknüpfung von Physik und Mathematik deutlich (Uhden, 2016). Konkrete Schülerschwierigkeiten im Unterrichtsfach Mathematik zeigen sich zum Beispiel im adäquaten Umgang mit Begriffen in der Analysis (Hahn & Prediger, 2008) oder der Geometrie (Heinze, 2002). Auch im Bereich des mathematischen Modellierens bestehen Schwierigkeiten für Schüler\*innen (Blum & Ferry, 2009; Reit & Schäfer, 2020).

### 2.1.4 Modelle

Ein zentrales Merkmal von Naturwissenschaften ist das Denken in und das Arbeiten mit Modellen. Im Physikunterricht kann zwischen einem weiten und einem engen Modellbegriff unterschieden werden. Im weiten Sinne dienen Modelle der Unterstützung physikalischer Theorien, wie z. B. das Wellenmodell zur Beschreibung von Licht im Rahmen der klassischen Elektrodynamik. In einem engeren Sinne werden im Physikunterricht zudem Modelle und ihre Repräsentationen herangezogen, um konkrete physikalische Phänomene zu erklären, etwa dynamische Modellierungen des Regenbogens (Teichrow & Erb, 2020) oder die Darstellungen elektrischer Druckunterschiede in Parallelschaltungen an Weidezäunen (Burde et al., 2020). Dabei kommt den Modellen im Unterricht eine doppelte Bedeutung zu: zum einen sollen die Schüler\*innen Fachkenntnis über Modelle erhalten (Kompetenzbereich Fachwissen), zum anderen sollen Schüler\*innen eigenständig (mathematisch) modellieren und somit einerseits neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewinnen und andererseits ein Wissen über den Umgang mit Modellen erwerben (Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung) (KMK, 2005; KMK, 2020). Eine grundlegende Herausforderung scheint für Schüler\*innen die Unterscheidung zwischen Modell- und Erfahrungswelt darzustellen (Mikelskis-Seifert & Leisner, 2003). Studien zeigen, dass das Modellverständnis von Schüler\*innen häufig nicht über eine direkte Relation zwischen Original und Modell hinausgeht (Meisert, 2008) und dass selbst die Modellkompetenz von (angehenden) Lehrkräften ausbaufähig ist (Gilbert & Justi, 2016).

### 2.1.5 Experimentieren

Das Experimentieren stellt in der naturwissenschaftlichen Forschung, aber auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eine elementare Arbeitsweise dar (Hopf, 2004; Winkelmann & Erb, 2018). Mittels einer Videostudie zeigte Tesch

(2005), dass etwa zwei Drittel der Unterrichtszeit im Physikunterricht dem Experimentieren samt Vor- und Nachbereitung zugeordnet werden können. Die Bandbreite des unterrichtlichen Einsatzes von Experimenten ist gross. Eine häufig verwendete Systematisierung stellt das explorative dem theoriegeleiteten Experimentieren gegenüber. Die Fokussierung auf die Minimierung von Messfehlern sowie deren Kontrolle stellt eine weitere Strategie dar. Auch experimentelle Variationen zur eingehenderen Untersuchung eines Phänomens sowie die grundsätzliche Wiederholung zum Zweck der Bestätigung werden in diesem Zusammenhang genannt (Höttecke & Riess, 2015).

Hinsichtlich wesentlicher Aspekte naturwissenschaftlichen Experimentierens zeigen Schüler\*innen Schwierigkeiten, beispielsweise beim Verständnis der Variablenkontrolle (Schwchow & Nehring, 2018). Im Rahmen einer qualitativen Untersuchung konnten gehäufte Schwierigkeiten beim genauen Messen und der anschließenden Datenaufbereitung dokumentiert werden (Kechel & Wodzinski, 2016). Darüber hinaus berichten die Autoren von einer Vielzahl spezieller Schwierigkeiten, die sich bei unterschiedlichen Schüler\*innen einer Lerngruppe beobachten lassen.

Die beiden gerade thematisierten Fachspezifika sind eng miteinander verbunden. Aus erkenntnistheoretischer Sicht besteht zwischen Modell und Experiment eine Wechselwirkung mittels gegenseitiger Überprüfung. Darüber hinaus liegen sowohl dem Modellieren physikalischer Phänomene als auch dem Experimentieren bewusst vorgenommene Idealisierungen zugrunde (Winkelmann, 2019).

### 2.1.6 Technik

Die Technik bildet mit der Physik einen gemeinsamen, von letzterer getragenen Komplex, wobei zwischen beiden Disziplinen differenziert werden kann (Jung, 1995). So ist die Physik eine erkenntnisorientierte Disziplin mit hypothetisch-deduktiver Arbeitsweise, während die Technik eine zielorientierte Disziplin mit projektiv-pragmatischer Arbeitsweise ist (Spiegel, 2008). Physikalische Schulbildung wird insbesondere durch die Nähe von Physik und Technik begründet, da die Physik „eine wesentliche Grundlage für das Verstehen natürlicher Phänomene und für die Erklärung und Beurteilung technischer Systeme und Entwicklungen dar[stellt]“ (KMK, 2005, S. 6). In der Unterrichtspraxis findet sich ein Technikbezug oft als Mittel zur Verdeutlichung oder Motivation ohne eigene didaktische Qualität. Mit Blick auf das didaktische Prinzip der Einheit von Theorie und Praxis stellt die Technik allerdings einen fundamentalen Aspekt von Physikunterricht dar (Mikelskis, 2010). Forschungsergebnisse weisen auf Lernschwierigkeiten der Schüler\*innen im Bereich des auch für den Physikunterricht relevanten systemischen Denkens hin (Eilam, 2002; Fletcher & Kleinteich, 2018).

### 2.1.7 Problemorientierung

Die Physik als wissenschaftliche Disziplin hat den Anspruch, Probleme zu lösen. Entsprechend heisst „Physik unterrichten [...] u.a., das Lernen von Physik schülergerecht an Problemen der Physik und ihren vielfältigen Bezügen zu orientieren“ (Leisen, 2010, S. 82). Aufgrund dieser elementaren Rolle ist das Problemlösen in verschiedenen Kompetenzen ausdifferenziert, die den Bereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung zugeordnet sind (KMK, 2005). Die Problemstellungen im Physikunterricht ergeben sich häufig aus dem Alltag. Um sie für die Schüler\*innen angemessen aufzubereiten, werden sie mithilfe von Idealisierungen und Vereinfachungen repräsentiert. Dazu werden physikalische Modelle ausgewählt, welche diese lebensweltlichen Phänomene fachlich darstellen. Über die modellhaften Repräsentationen werden Wege gefunden, um mithilfe von mathematischen Werkzeugen die Lösung des Problems zu erhalten. Die Evaluation stellt schliesslich wieder einen Bezug zur Realität her, die Schüler\*innen müssen also für sich selbst prüfen, ob das Ergebnis zur Realität passt und Sinn ergibt (Brandenburger, 2016). Demnach spielen während des Problemlösens mehrere Merkmale eine Rolle, die für Studierende eine Hürde darstellen können (ebd.) und auch Schüler\*innen im Fach Physik Schwierigkeiten bereiten, was sich unter anderem in den Ergebnissen internationaler Schulleistungsstudien wie PISA zeigt (OECD, 2019).

## 2.2 Schwierigkeit und Unbeliebtheit des Fachs Physik

Die Wahrnehmung des Fachs Physik als ein besonders schwieriges ist nicht neu. Ford (1989) sieht dabei die Schwierigkeit der Physik nicht in der Disziplin selbst, sondern in ihrer didaktischen Vermittlung. So vergleicht er die Disziplin Physik mit einer steilen Klippe, welche erklommen werden müsse, was erfahrungsgemäss eine Herausforderung für Heranwachsende darstelle, die im Teenageralter zum ersten Mal mit Physik konfrontiert werden. Diese Klippe sei jedoch menschengemacht und kein intrinsisches Merkmal der Disziplin selbst, und die Schwierigkeit der Physik entstehe, „because we have failed to provide any gradual path to its top“ (ebd., S. 871 f). Ford spricht von einer „absence of a learning ramp“ (ebd., S. 872) in der früheren Bildung, welche zu den Problemen vieler Schüler\*innen im späteren Verlauf des Physiklernens führe. Die allgemeine Meinung gegenüber der Disziplin bezeichnet er als „priesthood syndrome“ (ebd.): es sei verlockend, von Beginn an davon auszugehen, dass Physik zu schwer für Lernende sei, um sich nicht weiter damit beschäftigen zu müssen.

Ganz so einfach scheint es allerdings nicht zu sein. Immerhin gab es über die letzten 30 Jahre in der Naturwissenschaftsdidaktik umfangreiche Bemühungen zur Förderung von Schüler\*innen hin zu einem besseren Verständnis von und einem höheren Interesse an Physik. Es wurden intensive Bemühungen unternommen, die von Ford angesprochenen Pfade lernförderlicher zu gestalten - man denke zum Beispiel an Möglichkeiten der Differenzierung (z.B. „gestufte

Hilfen”, Wodzinski, 2013), an den Einsatz sinnstiftender Kontexte (Muckenfuss, 2006) oder an Untersuchungen zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften (Sumfleth & Fischler, 2017).

Zur Bestimmung der Beliebtheit von Physikunterricht werden häufig Vergleiche zu anderen Fächern gezogen, auch unter Beachtung von Alter und Geschlecht, jedoch ohne dabei differenziert auf Spezifika der einzelnen Fächer einzugehen (Institut für Jugendforschung, 2004). Auch für die Schwierigkeit wird der Blick - teils in recht alten Studien - für das gesamte Unterrichtsfach Physik erhoben (Nielsen & Thomsen, 1985; Hoffmann & Lehrke, 1986; Williams et al., 2003). Die Identifikation schwierigkeitserzeugender Merkmale erscheint in der Literatur eher deskriptiv (Fruböse, 2010) oder nimmt die Perspektive von Lehrkräften zu Gründen der Abwahl des Faches Physik in der Sekundarstufe II in den Fokus (Euler, 1982; Sharp, Hutchinson & Davis, 1996).

Gleichwohl wird in aktuellen Befragungen Physik und damit der Physikunterricht von vielen Schüler\*innen als besonders schwierig eingeschätzt, insbesondere die Aspekte Mathematik, Fachsprache sowie „erwartungswidrige, der Alltagserfahrung widersprechende Aussagen“ (Merzyn, 2010, S. 10). Auch die Ergebnisse vergangener PISA Studien zeigen für Deutschland nach dem sogenannten „PISA-Schock“ infolge der ersten Erhebung 2003 noch immer verbesserungswürdige Zustände in den Naturwissenschaften (OECD, 2014). Zudem wird das Unterrichtsfach Physik als unbeliebtes Fach bezeichnet (Merzyn, 2008; Fruböse, 2010; Muckenfuss, 2006). Auch internationale Studien (Williams et al., 2003, Angell et al., 2004, Ornek et al., 2008, Bennet & Hogarth, 2009) belegen seit Jahren die Unbeliebtheit des Schul- und Studienfaches Physik.

Lediglich das Fach Chemie erreicht vergleichsweise ähnlich schlechte Ergebnisse; Mathematik schneidet in der Regel ein wenig besser ab (Merzyn, 2008). Eine Verallgemeinerung für MINT-Fächer erscheint jedoch nicht geboten, da Biologie und vereinzelt auch Technik eher positiv wahrgenommen werden. Hinsichtlich des Geschlechts fällt auf, dass MINT-Fächer im Allgemeinen und Physik im Besonderen bei Jungen beliebter sind als bei Mädchen. Wieder stellt Biologie eine Ausnahme dar; dieses Fach ist bei Mädchen beliebter als bei Jungen (ebd.).

Ein häufiger Ansatz, die Schwierigkeit von Physik zu reduzieren und das Interesse an dem Fach zu steigern, ist die Implementierung stärkerer Kontextbezüge zu Alltagserfahrungen der Schüler\*innen (Nentwig & Waddington, 2005). Kontexte und Alltagsbezüge können zu einer verbesserten Einstellung zu naturwissenschaftlichen Fächern führen und erhöhen dabei auch die intrinsische Motivation der Lernenden (Kuhn & Müller, 2014). Durch die Anwendung von Wissen auf andere Kontexte als den schulischen kann dieses stärker vernetzt und transferiert werden, was zudem der Schulung der Scientific Literacy dient (Dorsch, 2013). Die Vorstellungen von Alltagsphänomenen sind für Schüler\*innen wie Vorwissen abrufbar (Lehner, 2012), wobei es jedoch mögliche fehlerhafte Vorstellungen zu korrigieren gilt.

### 3 Design und Methodik

Im vorliegenden Beitrag waren zwei Forschungsfragen leitend für die Erhebungen:

- Als wie schwierig bewerten Schüler\*innen verschiedene Merkmale des Physikunterrichts?
- Wie setzen sich Schüler\*innen mit bestimmten Schwierigkeiten des Physikunterrichts - im Rahmen einer Problemstellung - auseinander?

Zur Beantwortung der Frage wurde ein mixed-methods Ansatz gewählt. Die quantitativen Studien nutzten paper-pencil Tests. Zur Erhebung der schwierigkeitserzeugenden Merkmale wurden aus der Literatur abgeleitete, eigene Items erstellt. Die Schüler\*innen wurden in Studie A gebeten, vermutete schwierigkeitserzeugende Merkmale auf einer 5-stufigen Likert-Skala zu bewerten (Fareed & Winkelmann, 2019). Studie B erhob die Einschätzung zur Schwierigkeit von und das Interesse an entsprechenden Merkmalen des Physikunterrichts sowie mit einem Item die Beliebtheit des Faches (Strömmer, 2020). Da Beliebtheit nicht einfach zu messen ist, sollten durch die Erhebung von Interesse und Schwierigkeit Rückschlüsse auf die (Un-)Beliebtheit einzelner Merkmale gezogen werden. Aus den im vorherigen Abschnitt angeführten Studien geht hervor, dass Physikunterricht als nicht beliebt, wenig interessant und eher schwierig gilt bzw. wahrgenommen wird. Entsprechend wurde davon ausgegangen, dass grosse Beliebtheit mit hohem Interesse und niedriger empfundener Schwierigkeit einhergeht. Die Schüler\*innen wurden gebeten, vorgegebene Aussagen aus ihrer Sicht zu bewerten. In beiden Studien konnten die Schüler\*innen zwischen „0 = trifft gar nicht zu“ bis „4 = trifft völlig zu“ wählen. Beispielitems aus beiden Studien werden in Tabelle 1 vorgestellt. In Studie A kamen Items zum Einsatz, die überwiegend direkt, teils aber auch indirekt nach der wahrgenommenen Schwierigkeit fragten. So gehen wir beispielsweise beim ersten Item der Tabelle davon aus, dass Physikunterricht als schwieriger wahrgenommen wurde, wenn mit ihm eine mangelnde Alltagsrelevanz verbunden wird. Für Studie B verdeutlicht die Gegenüberstellung der vier Items die hohe Ähnlichkeit in der Formulierung der Items für die Schwierigkeit von und das Interesse am Physikunterricht. Sämtliche Items können im Anhang dieses Beitrags eingesehen werden.

**Tab. 1.** Beispiel-Items der drei zum Einsatz gekommenen Skalen.

Skala	Beispiel-Items
<i>Schwierigkeitserzeugende Merkmale (Studie A)</i>	(fehlende) Alltagsrelevanz „Der Physikunterricht bringt mir etwas für meinen Alltag“
<i>Schwierigkeit des Physikunterrichts (Studie B)</i>	Modellieren „Ich finde es schwierig zu verstehen, wie physikalische Phänomene modelliert werden“
	Experimentieren „Selbstständiges Experimentieren bereitet mir Schwierigkeiten“
<i>Interesse am Physikunterricht (Studie B)</i>	Abstraktion und Darstellung „Das Arbeiten mit graphischen Darstellungen bereitet mir Schwierigkeiten“
	Experimentieren „Es interessiert mich, Experimente selbst zu entwickeln“
	Abstraktion und Darstellung „Das Arbeiten mit graphischen Darstellungen finde ich interessant“

Über die merkmalsbezogenen Items zum Interesse an und zur Schwierigkeit von Physikunterricht können Mittelwerte gebildet werden. Ebenso kann die Korrelation zwischen diesen Items bestimmt werden, um Aussagen über ihren Zusammenhang treffen zu können (berichtet wird die Pearson-Korrelation mit dem Korrelationskoeffizienten  $r$ , die Bewertung der Korrelation erfolgt nach Cohen, 1988). Angaben zur Signifikanz ( $p$ -Wert) wurden in zweiseitigen  $t$ -Tests bzw. mittels Varianzanalysen bei mehr als einem Vergleich ermittelt. Hinsichtlich der fachspezifischen Merkmale wird für jede einzelne Befragte bzw. für jeden einzelnen Befragten zunächst jeweils ein Mittelwert über die Interessen- und Schwierigkeitsitems der einzelnen Charakteristika gebildet. Diese werden dann wiederum über die gesamte oder speziell untergliederte Stichprobe gemittelt, um anschließend einen Vergleich aller Charakteristika anstellen zu können. In der qualitativen Erhebung wurden neun Schüler\*innen der gymnasialen Einführungsphase in einer zweistufigen Fallstudie mithilfe Lauten Denkens und anschließenden Leitfadeninterviews untersucht. In der Arbeitsphase wurde erforscht, welche Merkmale den Problemlöseprozess der Schüler\*innen erschweren und inwiefern sie dabei Unterstützungsbedarf äussern. Die Methode des Problemlösens wurde hierbei gewählt, um zunächst im Lauten Denken und später gezielt im Interview qualitativ herauszufinden, wie sich die Lernenden individuell mit den Merkmalen auseinandersetzen (Brandenburger, 2016). Die Schüler\*innen erhielten dazu vier Arbeitsblätter, welche mit je einem dominierenden schwierigkeitsproduzierenden Merkmal (orientiert an Merzyn, 2010) konzipiert waren: Fachsprache, (fehlender) Alltagsbezug, Mathematik oder Modellieren (orientiert an Merzyn, 2010). Um die Andersartigkeit zwischen Fach- und Alltagssprache zu betonen, wurde zum Fachsprache-Arbeitsblatt zusätzlich eine kontrastierende Version angeboten (sämtliche Arbeitsblätter können bei Freese (2019) im Anhang online eingesehen werden). Beim Bearbeiten der Aufgaben kam die Methode des Lauten Denkens zum Einsatz, wodurch die kognitiven Vorgänge nachvollziehbar werden, durch welche die Schüler\*innen zu einer mentalen Repräsentation gelangen (Konrad, 2010). Die Methode des Lauten Denkens hat einen erwiesenen Einfluss auf die Problemlösekompetenz. Einige Untersuchungen zeigen, dass das Laute Denken „den Denkprozess selbst verändert [...]. Die Menschen, die man auffordert, laut zu denken, denken klarer und produzieren bessere Lösungen“ (Dörner, 2006, S. 620-621). Für den Prozess des Lauten Denkens und das anschließende Interview waren pro Schüler\*in 45 Minuten angesetzt, in denen die vier Arbeitsblätter so weit wie möglich bearbeitet und die dabei entstehenden Gedanken und Lösungsansätze mündlich mitgeteilt werden sollten. Dabei wurden mit einem Diktiergerät Audioaufnahmen gemacht, die – wie die Arbeitsblätter auch – pseudonymisiert und im Nachhinein per Hand verschriftlicht wurden. Die Pseudonymisierung erfolgte mithilfe einer persönlichen Kodierung ohne Rückschluss auf Einzelpersonen, um lediglich die Audioaufnahmen den Arbeitsblättern zuordnen zu können.

In der Reflexionsphase wurden Interviews eingesetzt, um die Arbeitsphase aktiv zu reflektieren. Mithilfe eines Leitfadens wurden die Interviewfragen strukturiert und expliziert, sowie eine einheitliche Ausgangslage für mehrere zu Interviewende geschaffen (Mey & Mruck, 2010). Hierbei waren drei Interviewende im Einsatz. Der Leitfaden mit den Interviewfragen ist im Anhang bei Freese (2019) online einsehbar. Zu Beginn des Interviews wurden die Schüler\*innen zudem aufgefordert, die bearbeiteten Aufgaben hinsichtlich ihrer Schwierigkeit zu sortieren. Für die Auswertung wurde das Ranking quantifiziert (1-4 Punkte, 1 Punkt für das subjektiv schwierigste Arbeitsblatt).

Die Schüler\*innenaussagen im Lauten Denken und während der Interviews wurden nach der Verschriftlichung inhaltsanalytisch ausgewertet, wobei auf Schlüsselwörter geachtet wurde, welche auf eines der vier vermuteten schwierigkeitsproduzierenden Merkmale hindeuten. Beim Modellieren waren dies zum Beispiel Begriffe wie „wegdenken“, „vereinfachen“, „vernachlässigen“ oder „Modelle“. Die entsprechenden Aussagen wurden den vier Merkmalen zugeordnet, um daraus Rückschlüsse ziehen zu können, welches Merkmal den Schüler\*innen besondere Schwierigkeiten bereitet hat, oder welches Merkmal möglicherweise gar nicht von den Lernenden erkannt wird (deduktive Kategorienanwendung mit typisierender Strukturierung, vgl. Mayring, 2015, S. 68). Dabei wurde auch darauf geachtet, ob die Lernenden um Unterstützung bei der Lösung bitten, um daraus zusätzlich abzuleiten, welches Merkmal ihnen besondere Schwierigkeiten bereitet. Die Auswertung der Aussagen erfolgte allein durch eine Beurteilerin (Freese, 2019).

Es handelt sich bei allen drei Studien um Schüler\*innenbefragungen, denen keine Intervention voran ging. In Abschnitt 5 werden als Ergebnisse der Studien Häufigkeitsverteilungen vorgestellt. In Studie B wurden zudem Korrelationen zwischen den Angaben zu Interesse und Schwierigkeit der jeweiligen fachspezifischen Merkmale überprüft. Bei Merkmalen, bei denen geringes Interesse und hohe Schwierigkeit besonders stark korrelieren (hier wird davon ausgegangen, dass eine besonders grosse Unbeliebtheit vorliegt), erfolgen tiefergehende Analysen auf Itemebene.

## 4 Stichproben

### 4.1 Quantitative Studien A und B

Die zwei quantitativen Studien stützen sich auf Stichproben an hessischen Schulen. An der Befragung in Studie A nahmen Schüler\*innen aus sechs Klassen des zehnten Jahrgangs einer kooperativen Gesamtschule im Rhein-Main-Gebiet teil. Insgesamt konnten Daten von 139 Schüler\*innen ausgewertet werden. Diese setzen sich aus Daten des Realschulzweiges ( $n = 72$ ) sowie des Gymnasialzweiges ( $n = 67$ ) zusammen.

Die Daten der Studie B stammen von Schüler\*innen einer neunten Jahrgangsstufe eines Gymnasiums ( $n = 74$ ). Dabei waren 29 Jungen, 41 Mädchen und vier nicht-binäre Lernende an der Erhebung beteiligt. Für die Auswertung sind vor allem die Schüler\*innen interessant, bei denen Physikunterricht (eher) unbeliebt ist. Hierbei handelt es sich um neun Jungen, 31 Mädchen und zwei non-binäre Jugendliche, also insgesamt um 42 Schüler\*innen. Das Durchschnittsalter in der Stichprobe liegt bei 14,1 Jahren. Die letzte Zeugnisnote im Fach Physik liegt im Schnitt bei 2,2, sodass von einer recht leistungsstarken Lerngruppen ausgegangen werden kann.

Alle Befragten nahmen freiwillig mit Einverständniserklärung eines bzw. einer Erziehungsberechtigten an den Erhebungen teil. Die Schüler\*innen wurden vor der Erhebung darüber unterrichtet, dass eine Nichtteilnahme keine negativen Konsequenzen nach sich zieht. Ausgefüllt wurden die Fragebögen im Physikunterricht in Anwesenheit der Physiklehrkraft. Die Testdauer mittels Fragebogen betrug bei Studie A ca. 10 Minuten, bei Studie B ca. 20 Minuten.

### 4.2 Qualitative Fallstudie

An der qualitativen Fallstudie nahmen neun Schüler\*innen einer Einführungsphase (gymnasiale Oberstufe) einer hessischen Gesamtschule teil, darunter fünf Mädchen und vier Jungen. Die Zeugnisnoten des vorherigen Halbjahres in Physik lagen zwischen 4 und 13 Notenpunkten, im Durchschnitt bei allen Befragten bei 9,1 Notenpunkten. In der ersten Phase (Arbeitsphase) dauerte die Untersuchung des Lauten Denkens während des Problemlösens pro Schüler\*in zwischen 20 und 30 Minuten, die anschließende Reflexionsphase nahm weitere 15 bis 25 Minuten in Anspruch. Die beiden Phasen wurden in den Räumlichkeiten der Schule in Einzelsitzungen durchgeführt, in denen jeweils nur ein\*e Schüler\*in sowie ein\*e Interviewende\*r anwesend waren. Die Teilnahme an der qualitativen Fallstudie war freiwillig und erfolgte mit dem Einverständnis der Erziehungsberechtigten.

## 5 Ergebnisse

Im Rahmen der in diesem Beitrag vorgestellten Studien sind vielfältige Ergebnisse entstanden. Diese können im Detail nachgelesen werden (Fareed & Winkelmann, 2019; Freese, 2019; Strömmer, 2020). Im Folgenden werden zentrale Ergebnisse der drei Studien vorgestellt, sodass schliesslich eine Diskussion der Gesamtergebnisse möglich wird.

### 5.1 Ergebnisse zweier quantitativer Erhebungen

Die Schüler\*innenbefragung im Rahmen der Studie A zu Schwierigkeiten im Physikunterricht bestätigt in Teilen die bereits vermuteten Hauptkriterien von Merzyn (2010). Sowohl im Bildungsgang der Realschule als auch im gymnasialen Zweig der Gesamtschule empfinden die Schüler\*innen unserer Stichprobe die fehlende Alltagsrelevanz im Physikunterricht als besonders schwierig. Auch zwischen den Geschlechtern zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede in der Wahrnehmung ( $t(132) = 1.102, p = .272$ ), weshalb an dieser Stelle ein gemeinsamer Bericht der Ergebnisse erfolgt. Tabelle 2 berichtet statistische Kennwerte des eingesetzten Fragebogens. Zwölf Items bildeten eine Skala. Die Skala weist eine gute interne Konsistenz auf (Cronbach's  $\alpha = .769$ ). In Abbildung 1 werden die Mittelwerte der Bewertung der einzelnen Items samt Standardabweichung vorgestellt. Der Blick auf die jeweiligen Mediane zeigt geringfügige Abweichungen, jedoch einen ähnlichen Trend.

Nach Einschätzung der Schüler\*innen bereiten die folgenden Punkte die grössten Schwierigkeiten im Physikunterricht:

- fehlende Alltagsrelevanz
- hohe nötige persönliche Anstrengung
- schwierige Begriffe und
- Modellieren von Phänomenen.

Als besonders leicht wird das Experimentieren im Physikunterricht wahrgenommen.

Tab. 2. Deskriptive Kennwerte der wahrgenommenen Schwierigkeit im Physikunterricht (Studie A).

	Itemanzahl	Cronbach's $\alpha$	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Physikunterricht allgemein	12	,769	1,99	2,00	0,66
fehlende Alltagsrelevanz	1	k.A.	2,80	3,00	1,17
persönliche Anstrengung	1	k.A.	2,40	3,00	1,30
schwierige Begriffe	1	k.A.	2,40	2,00	1,31
Modellieren von Phänomenen	1	k.A.	2,23	2,00	1,22
Lösungsstrategie Aufgaben	1	k.A.	2,20	2,00	1,31
zu viele Formeln	1	k.A.	2,15	2,00	1,35
Texte im Schulbuch	1	k.A.	2,09	2,00	1,38
mathematische Umformungen	1	k.A.	1,97	2,00	1,40
Physik gleicht Fremdsprache	1	k.A.	1,61	1,00	1,55
Diagramme interpretieren	1	k.A.	1,61	2,00	1,33
Graphiken	1	k.A.	1,57	1,50	1,13
Experimentieren	1	k.A.	0,62	0,50	0,85

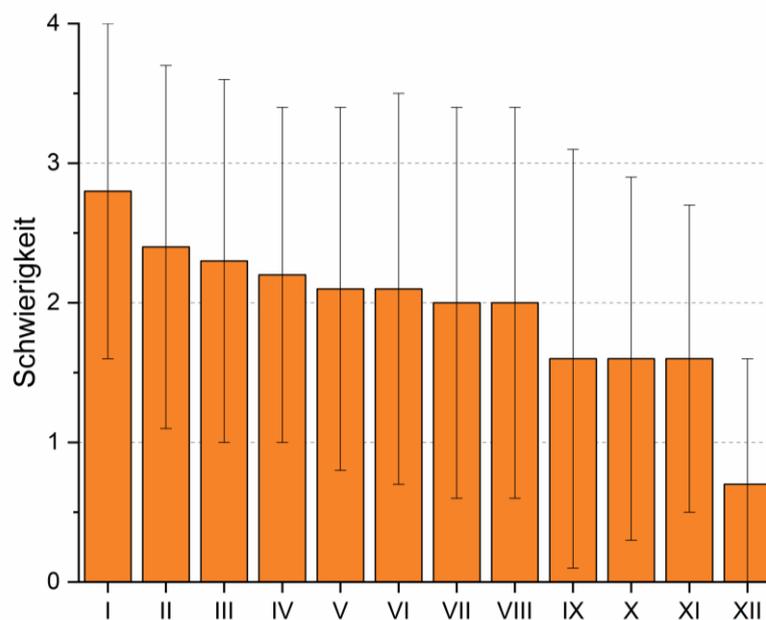


Abb. 1.: Von Schüler\*innen wahrgenommene schwierigkeiterzeugende Merkmale von Physikunterricht. Dargestellt sind: fehlende Alltagsrelevanz (I), persönliche Anstrengung (II), schwierige Begriffe (III), Modellieren von Phänomenen (IV), Lösungsstrategien von Aufgaben (V) zu viele Formeln (VI), Texte im Schulbuch (VII), mathematische Umformungen (VIII), Physik gleicht Fremdsprache (IX), Diagramme interpretieren (X), graphische Repräsentation (XI) und Experimentieren (XII). In allen Abbildungen dieses Beitrags wird die Standardabweichung als Fehlerbalken angegeben.

Auch in Studie B weisen die eingesetzten Skalen eine zufriedenstellende interne Konsistenz auf (Tab. 3a-3d). Ähnlich wie in Studie A zeigen sich keine grossen Unterschiede zwischen den Mittelwerten und den Medianen.

Es konnte ein moderater positiver Zusammenhang zwischen Interesse an und Beliebtheit von Physikunterricht ( $r = .438^{**}$ ) sowie ein moderater negativer Zusammenhang zwischen empfundener Schwierigkeit und Beliebtheit von Physikunterricht ( $r = -.473^{**}$ ) ermittelt werden. Bei Betrachtung der gesamten Stichprobe konnte kein Merkmal identifiziert werden, das als wenig interessant und gleichzeitig als eher schwierig wahrgenommen wird. Da unter der Hypothese gearbeitet wurde, dass geringes Interesse und hohes Schwierigkeitsempfinden zur Unbeliebtheit beitragen, wurde entsprechend jene Schüler\*innengruppe, die angegeben hat, dass sie Physik als (eher) unbeliebt bewerten, genauer analysiert (Abb. 2). Dabei stechen mit Blick auf den Unterschied zwischen Interessen- und Schwierigkeitswert die Merkmale *Modelle* ( $r = -.436^{**}$ ), *Mathematisierung* ( $r = -.696^{**}$ ) und *Fachsprache* ( $r = -.490^{**}$ ) besonders heraus. Es bestätigen sich hoch signifikante negative Korrelationen, die als moderat (*Modelle* & *Fachsprache*) bis stark (*Mathematisierung*) beschrieben werden können. Es muss allerdings angemerkt werden, dass *Mathematisierung* und *Fachsprache* nur mit jeweils zwei Items erhoben wurden, da sie zusammen mit dem Merkmal *Darstellung* in der Konzeption des Fragebogens das Merkmal *Abstraktion und Darstellung* bildeten. Eine Ausdifferenzierung fand erst im Verlauf der Untersuchung statt, da sich zeigte, dass *Mathematisierung* und *Fachsprache* sehr unterschiedlich im Vergleich zur *Darstellung* bewertet wurden. Das Merkmal *Modelle* wurde mit fünf Items erhoben. Zudem ist bei der untersuchten Teilgruppe das

Schwierigkeitsempfinden für dieses Merkmal am grössten, sodass sich eine differenzierte Analyse anbietet (Abb. 3). Bei insgesamt nicht sehr grossen Mittelwertunterschieden (Tab. 3c-d), zeigt sich, dass bis auf das *eigenständige Erstellen von Modellen* (Mod4) alle Items in einem Bereich moderater Schwierigkeit liegen, während dieses Item eine eher hohe Schwierigkeit erzeugt. Der Unterschied zwischen diesem Item einerseits und den Items Mod1 sowie Mod5 andererseits ist hinsichtlich der wahrgenommenen Schwierigkeit bei hoher Effektstärke signifikant (paarweise Vergleiche in Varianzanalyse:  $F(4,38) = 7,825, p < 0.001, \eta_p^2 = .16$ ). Für das Item *Vergleichen verschiedener Modelle* (Mod5), zeigt sich die geringste wahrgenommene Schwierigkeit und gleichzeitig das geringste Interesse.

**Tab. 3a.** Deskriptive Kennwerte der Skalen zur wahrgenommenen Schwierigkeit von Physikunterricht (Studie B).

	Itemanzahl	Cronbach's $\alpha$	Mittelwert	Median	Standardabweichung
<b>Physikunterricht allgemein</b>	26	.857	1,81	1,77	0,47
<b>Modellieren</b>	5	.786	2,17	2,00	0,69
<b>Fachsprache</b>	2	.839	2,01	2,00	0,92
<b>Mathematik</b>	2	.786	1,93	2,00	1,03
<b>Problemorientierung</b>	3	.551	1,92	1,70	0,74
<b>Technik</b>	4	.783	1,88	1,75	0,84
<b>Experimentieren</b>	7	.629	1,58	1,57	0,54
<b>Darstellungen</b>	3	.854	1,27	1,00	0,78

**Tab. 3b.** Deskriptive Kennwerte der Skalen zum Interesse an Physikunterricht (Studie B).

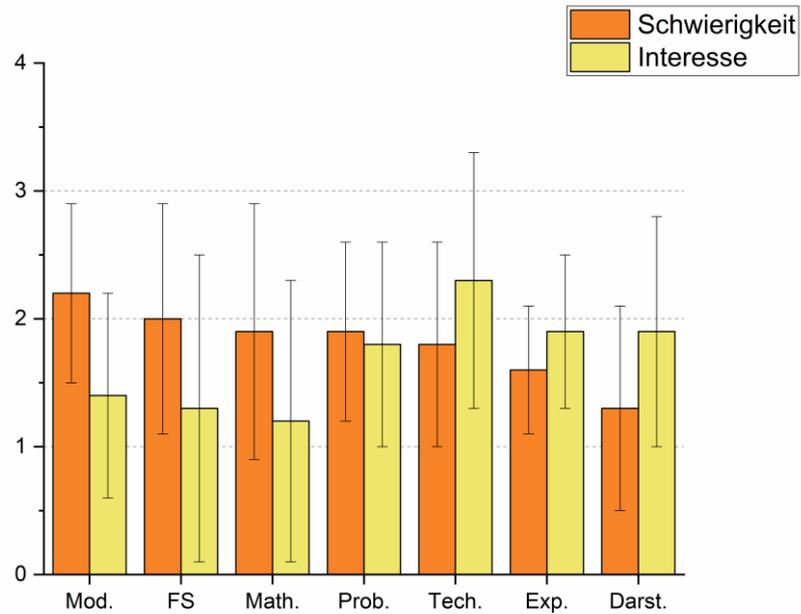
	Itemanzahl	Cronbach's $\alpha$	Mittelwert	Median	Standardabweichung
<b>Physikunterricht allgemein</b>	26	.916	1,77	1,96	0,62
<b>Modellieren</b>	5	.832	1,40	1,40	0,85
<b>Fachsprache</b>	2	.805	1,40	1,00	1,18
<b>Mathematik</b>	2	.811	1,21	1,00	1,08
<b>Problemorientierung</b>	3	.688	1,82	1,67	0,84
<b>Technik</b>	4	.842	2,31	2,25	0,99
<b>Experimentieren</b>	7	.783	1,87	1,86	0,63
<b>Darstellungen</b>	3	.874	1,97	2,00	0,94

**Tab. 3c.** Deskriptive Kenndaten der Skala zur wahrgenommenen Schwierigkeit beim Modellieren (Studie B).

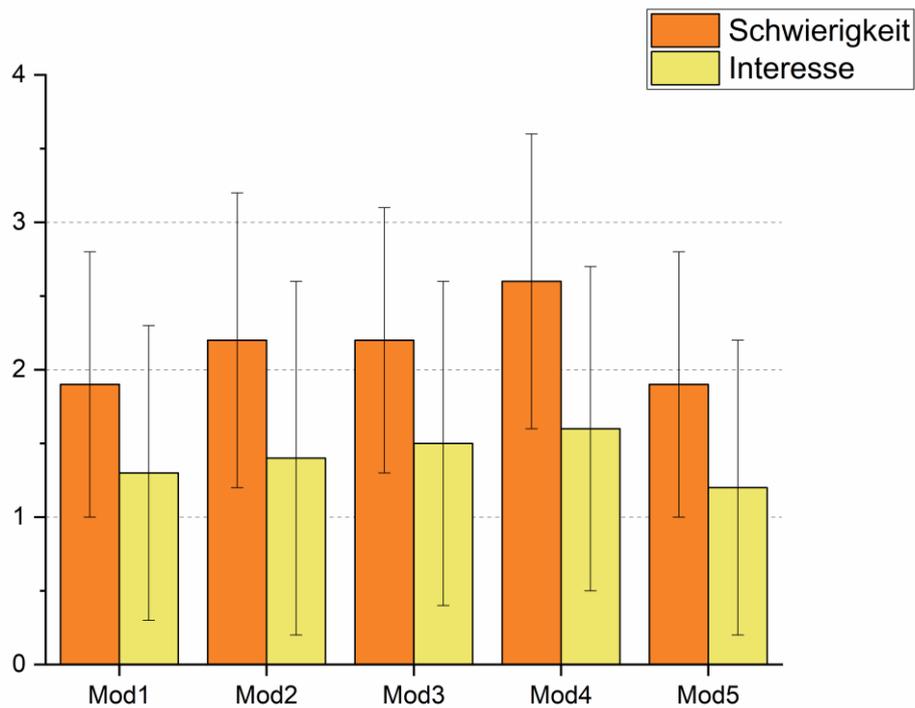
	Itemanzahl	Cronbach's $\alpha$	Mittelwert	Median	Standardabweichung
<b>Modellieren allgemein</b>	5	.786	2,17	2,00	0,69
<b>Relevante Aspekte eines Phänomens ermitteln (Mod1)</b>	1	k.A.	1,93	2,00	0,87
<b>Vereinfachung physikalischer Gegebenheiten (Mod2)</b>	1	k.A.	2,24	2,00	0,93
<b>Treffen von Vorhersagen auf Basis eines Modells (Mod3)</b>	1	k.A.	2,21	2,00	0,92
<b>Modelle selbst entwickeln (Mod4)</b>	1	k.A.	2,64	3,00	1,04
<b>Verschiedene Modelle vergleichen (Mod5)</b>	1	k.A.	1,86	2,00	0,90

**Tab. 3d.** Deskriptive Kenndaten der Skala zum Interesse am Fachspezifikum "Modellieren" (Studie B).

	Itemanzahl	Cronbach's $\alpha$	Mittelwert	Median	Standardabweichung
<b>Modellieren allgemein</b>	5	.832	1,40	1,40	0,85
<b>Relevante Aspekte eines Phänomens ermitteln (Mod1)</b>	1	k.A.	1,29	1,00	1,04
<b>Vereinfachung physikalischer Gegebenheiten (Mod2)</b>	1	k.A.	1,39	1,00	1,20
<b>Treffen von Vorhersagen auf Basis eines Modells (Mod3)</b>	1	k.A.	1,51	2,00	1,14
<b>Modelle selbst entwickeln (Mod4)</b>	1	k.A.	1,56	1,50	1,09
<b>Verschiedene Modelle vergleichen (Mod5)</b>	1	k.A.	1,20	1,00	1,01



**Abb. 2.** Interesse an und empfundene Schwierigkeit von charakteristischen Merkmalen auf Ebene der Schüler\*innen, bei denen Physikunterricht (eher) unbeliebt ist. Dargestellt sind die Charakteristika Modelle (Mod.), Fachsprache (FS), Mathematisierung (Math.), Problemorientierung (Prob.), Technik (Tech.), Experimentieren (Exp.) und Darstellung (Darst.).



**Abb. 3.** Interesse an und empfundene Schwierigkeit von Modellen auf Ebene der Schüler\*innen, bei denen Physikunterricht (eher) unbeliebt ist. Abgebildet sind folgende Items: Zur physikalischen Betrachtung relevante Aspekte eines Phänomens ermitteln (Mod1), Vereinfachung physikalischer Gegebenheiten (Mod2), Treffen von Vorhersagen auf Basis eines Modells (Mod3), Modelle selbst entwickeln (Mod4) und verschiedene Modelle vergleichen (Mod5).

## 5.2 Ergebnisse einer qualitativen Fallstudie

Der Prozess des Problemlösens von Schüler\*innen bezüglich Aufgaben mit unterschiedlicher Ausprägung einzelner Fachspezifika bzw. geringem Alltagsbezug wurde qualitativ anhand einer Fallstudie mit neun Lernenden untersucht. Die qualitativen Aussagen unterstützen oder relativieren Ergebnisse der quantitativen Studien. Zudem wird bei der Beantwortung der Forschungsfragen ein besonderer Betrag dahingehend geleistet, dass individuelle kognitive Prozesse

der Schüler\*innen nachvollzogen werden können, welche in einer quantitativen Untersuchung nicht berücksichtigt werden.

Allgemein lässt sich festhalten, dass es den Schüler\*innen schwerfällt, konkrete Schwierigkeiten zu artikulieren und zielgerichtet um Hilfe zu bitten. Häufig wird dies auf die fehlende Angabe von Formeln zurückgeführt, welche jedoch als bekannt aus dem Unterricht vorausgesetzt wurden. Im Folgenden werden speziell zu den vier in dieser Studie in den Blick genommenen schwierigkeiterzeugenden Merkmalen nach Merzlyn (2010) Ergebnisse berichtet.

### 5.2.1 Zum Merkmal Modellieren

Aufgaben zum Umgang mit Modellen kommen laut Aussage der Schüler\*innen im Physikunterricht der untersuchten Stichprobe eher selten zum Einsatz. Da zunächst kein Rechnen erforderlich ist, empfinden einige Lernende Aufgaben dieser Art als eher motivierend. Sie stufen daher das entsprechende Arbeitsblatt häufig zunächst als einfach ein, auf dem die Grösse eines Fallschirms zur sicheren Landung eines Menschen modelliert werden sollte (individuelle Bewertung der Schwierigkeit: vier Nennungen als einfachstes Arbeitsblatt).

Eine eingehendere Analyse der transkribierten Phasen des Lauten Denkens zeigt allerdings, dass den Schüler\*innen der Prozess des Modellierens schwerfällt. Ein Schüler der elften Jahrgangsstufe äusserte sich dabei wie folgt: „*Vielleicht auch, wie der Boden gemacht ist? Und, ja, die Höhe... ja eigentlich auch der Wind... eigentlich steht hier ja nur, dass ich mir Gedanken machen muss [...] also wenn natürlich kein Luftwiderstand wäre, wär das ja ideal... oder kein Wind [...], nicht dass der dann nach unten gedrückt wird, oder zur Seite oder sowas... die Form des Fallschirms? Ob das jetzt ein guter Fallschirm ist, der gut abbremst oder so?*“ (Freese 2019, S. 53).

Gleichzeitig zeigen sich Verständnisschwierigkeiten bei dem Begriff des Idealisierens. Zwar gelingt in der untersuchten Aufgabe die Identifizierung üblicher Idealisierungen, hier im Sinne einer Vernachlässigung des Luftwiderstands. Allerdings darf in einer Aufgabe, bei der die nötige Grösse eines Fallschirms modelliert werden soll, der Luftwiderstand gerade nicht vernachlässigt werden. Generell wird Modellieren von den Schüler\*innen als etwas verstanden, das streng vom Experimentieren getrennt ist - die wechselseitige Beziehung von Modellen und Experimenten im Prozess der Erkenntnisgewinnung scheint ihnen nicht vertraut. Da in ihrem Physikunterricht nach Aussage der befragten Schüler\*innen überwiegend experimentiert werde, falle das Arbeiten mit Modellen recht schwer.

### 5.2.2 Zum Merkmal Mathematik

Dass das Modellieren von Problemstellungen schwerfällt, zeigt sich auch bei der erwarteten Schwierigkeit der Mathematisierung. In dem untersuchten Problem auf dem dazugehörigen Arbeitsblatt soll die Tiefe eines Brunnens berechnet werden. Gegeben waren zu Beginn lediglich die Information, nach welcher Zeitspanne der Aufprall einer fallengelassenen Münze am Boden des Brunnens zu hören ist, sowie die Werte für die Schallgeschwindigkeit in Luft und die Fallbeschleunigung auf der Erde. Die Schüler\*innen sollten, unterstützt von zwei Skizzen, ihr Wissen über gleichmässig beschleunigte Bewegungen anwenden. Nach einer Modellierung der Situation wird deutlich, dass sich die angegebene Gesamtzeit aus zwei Teilen zusammensetzt: die Zeit, in der der Stein gleichmässig beschleunigt bis zum Boden fällt, sowie die Zeit, die der Schall bei gleichförmiger Ausbreitung nach oben benötigt. Um die Frage nach der Tiefe des Brunnens beantworten zu können, muss das Gleichungssystem unter Verwendung der p-q-Formel gelöst werden.

Bei der Bearbeitung der Aufgabe zur Berechnung der Brunntiefe ging es nicht darum, dass die Schüler\*innen zwangsläufig zu dem korrekten Ergebnis kommen müssen. Vielmehr war es essenziell, dass die Schüler\*innen ihre Gedanken zur nötigen Mathematik verbalisierten. Bevor es allerdings zu vermeintlich schwierigerer Mathematik in Form der p-q-Formel kommt, muss die Struktur des Problems durch eine Modellierung erfasst werden, woran bereits viele Lernende scheitern. So wurde das dazugehörige Arbeitsblatt im Reflexionsinterview von vier Schüler\*innen als am schwierigsten beurteilt, und nur ein Schüler erreichte nach erfolgreichem Modellieren der beschriebenen Situation die eigentliche Anwendung der Mathematik. Dass diese den Schüler\*innen für sich genommen weniger Schwierigkeiten bereiten würde, zeigte sich in den Interviews beim Betrachten der Musterlösung, als die Mehrzahl trotz des Misserfolgs beim Lösen des Arbeitsblatts ohne Probleme die geforderte Formel notieren konnten (Freese 2019, S. 59). Dies deckt sich auch mit früheren Studien (Angell et al., 2004). Die Ergebnisse zeigen, dass Schüler\*innen Schwierigkeiten bei der Übertragung einer physikalischen Situation auf einen mathematischen Ausdruck haben, jedoch nicht mit der Mathematik selbst: „*pupils realize that the algebra itself is simple; however, they lack the experience to perform all the operations - finding the right formula(s) and doing the necessary manipulations - themselves?*“ (ebd., S. 692).

### 5.2.3 Zum Merkmal Fachsprache

Bezüglich der Fachsprache formulierte ein Schüler, es habe „beides Vor- und Nachteile, so ein Gemisch aus beiden wäre vielleicht optimal, um die Aufgabe am besten zu lösen, halt einfache Wortwahl, aber trotzdem ein paar Fachwörter [...] hinzuschreiben“ (Freese, 2019, S. 56). Mit ihren Aussagen im Reflexionsinterview bestätigten die Schüler\*innen also nur teilweise die Annahme, dass Fachbegriffe ein physikalisches Problem verkomplizieren. Tatsächlich wirkt eine Aufgabe mit Fachwörtern und neuen Begriffen auf sie nur auf den ersten Blick schwierig. Bei genauerem Hinsehen erweisen sich die Fachbegriffe dagegen als hilfreich für die Formelfindung, da ohne die Fachbegriffe Bekanntes aus dem Unterricht und Wesentliches für die Bearbeitung fehle. So äusserte sich ein Schüler bezüglich seiner Einschätzung,

er fände „aber ehrlich gesagt das hier [die Originalversion mit Fachbegriffen] besser, [...] da weiss man direkt:  $v =$  Geschwindigkeit,  $t =$  Zeit, da weiss man direkt: Strecke ist gesucht“ (Freese, 2019, S. 58). Im Gegenzug beurteilten die Schüler\*innen die einfache Sprache auf dem alternativen Arbeitsblatt als „kindlicher geschrieben“ (ebd.), weshalb sie es eher passend für jüngere Lernende, z.B. einer neunten Jahrgangsstufe, einschätzten.

#### 5.2.4 Zum Merkmal (fehlender) Alltagsbezug

Bei allen verwendeten Aufgaben näherten sich die Schüler\*innen der Lösung, indem sie Bezüge zu Alltagserfahrungen herstellten. Diese Herangehensweise sollte bei einem Arbeitsblatt besonders erschwert werden, welches die Berechnung mehrerer abstrakter Grössen erforderte. Dabei wurden die gesuchten und gegebenen Werte mit Indizes gekennzeichnet sowie die Geschwindigkeiten aufgrund der Fallbewegung mit einem negativen Vorzeichen notiert, was das Problem so weit wie möglich von der Alltagserfahrung der Lernenden entfernen sollte. Bei der Bearbeitung äusserten daher mehrere Schüler\*innen, dass ein konkreter Gegenstand in der Aufgabenstellung es ihnen erleichtern würde, sich diesen bei der Bearbeitung der Aufgabe bildlich vorzustellen. Anstelle des gesuchten „Körpers“ hätte beispielsweise ein Holzklotz mit bestimmten Massen angegeben werden sollen. Eine Schülerin fasste zusammen, sie fände es „*immer besser, so Alltagssituationen oder Sachen, die wirklich passieren können, in Aufgaben mit reinzunehmen*“ (Freese, 2019, S. 55), um eine bessere Vorstellung zu entwickeln. Allerdings wurde diese Hürde auch bei den anderen drei Problemstellungen geäussert, bei denen eigentlich ein Alltagsbezug in der Aufgabenstellung zu finden war (die Tiefe eines Brunnens, der freie Fall eines Fallschirms sowie die Berechnung der Endgeschwindigkeit eines fallenden Körpers).

## 6 Zusammenfassung und Diskussion

Im Rahmen dreier Abschlussarbeiten wurde der übergeordneten Frage nachgegangen, was Physikunterricht für viele Schüler\*innen schwierig macht. Vor dem Hintergrund normativer Überlegungen und empirischer Forschungsliteratur wurden fachspezifische Merkmale des Physikunterrichts herausgearbeitet. Die zentralen Ergebnisse lassen sich in folgenden Aspekten zusammenfassen:

*Modellieren erscheint schwierig.* Als ein Ergebnis aller drei Studien muss die Perspektive der Schüler\*innen auf das Fachspezifikum „Modellieren“ betont werden. Zum einen äussern sich Schüler\*innen erfreut über eine andersartige Auseinandersetzung mit Physik, zum anderen zeigen die quantitativen Befragungen deutlich, dass mit dem Prozess des Modellierens – die (Re-)Konstruktion von Modellen sowie Arbeit mit Modellen – hohe Schwierigkeiten verbunden sind.

*Ein Alltagsbezug wird von vielen Schüler\*innen vermisst.* Seit Jahrzehnten ist die naturwissenschaftliche Didaktik darum bemüht, unter Verwendung geeigneter Kontexte einen höheren Alltagsbezug der Physik für die Schüler\*innen herzustellen (Parchmann & Kuhn, 2018). Trotz intensiver Bemühungen seitens der Didaktik, interessante Kontexte anzubieten, erscheint vielen Schüler\*innen das Fach Physik alltagsfern (Studie A, Abschnitt 5.1).

*Experimentieren wird als leicht wahrgenommen* (Abb. 1). Dies lässt sich vermutlich auf ein falsch verstandenes Konzept von Experimentieren als Unterhaltung zurückführen, zeigen doch aktuelle Untersuchungen, dass naturwissenschaftliches Experimentieren Schüler\*innen vor vielfältige Schwierigkeiten stellt (Kechel, 2016; Schwichow & Nehring, 2018, Baur, 2018).

*Fachsprachliche Begriffe* werden von den Schüler\*innen unterschiedlich bewertet. Zum einen betonen Schüler\*innen in den Interviews, dass ihnen wiederkehrende Begriffe beim Lösen von Aufgaben helfen, indem diese ihnen Orientierung bieten. Zum anderen zeigt sich in den quantitativen Befragungen, dass die aktive Verwendung fachlicher Begriffe durchaus als schwierig wahrgenommen wird.

### 6.1 Limitationen der vorgestellten Studien

Die vorgestellten Ergebnisse müssen vor dem Hintergrund einiger Einschränkungen betrachtet werden. Für die Auswertung der Ergebnisse der quantitativen Studien wurden Daten aus unterschiedlichen Jahrgängen (neun und zehn) zusammen analysiert. Zudem erscheint eine Verallgemeinerung der gefundenen Schwierigkeiten für „den“ Physikunterricht nur unter Vorbehalt möglich - umfangreichere Querschnittsstudien wären wünschenswert. Mit den nun zur Verfügung stehenden Items zu schwierigkeitserzeugenden Merkmalen des Fachs Physik erscheint die Befragung einer grossen Stichprobe mittels Online-Umfragen verhältnismässig leicht realisierbar. Hierfür erscheint es ratsam, die Items an einzelnen Stellen noch weiter zu differenzieren. So könnte beim Merkmal *Experimentieren* gezielt nach Aspekten von Experimentierkompetenz gefragt werden (z.B. Variablenkontrolle Fehlerabschätzung), um einem etwaigen reinen Unterhaltungswert aus Schüler\*innensicht vorzugreifen.

Der Begriff der Beliebtheit, etwa von Physik, ist aus psychometrischer Sicht nicht trivial und stellt eine Herausforderung in der Operationalisierung dar. Zur Aufklärung der (Un-)Beliebtheit des Physikunterrichts wurde in Studie B die Korrelation zwischen Interesse am Fach und der wahrgenommenen Schwierigkeit des Fachs Physik untersucht. Eine sinnvolle Ergänzung könnte das Konstrukt der Selbstwirksamkeitserwartung von Schüler\*innen sein, die von uns allerdings nicht erhoben wurde.

Für die qualitative Fallstudie wurden Arbeitsblätter entwickelt, anhand derer Schüler\*innen Problemstellungen lösen sollten. Der Ansatz, über die Analyse der Problemlösefähigkeit schwierigkeiterzeugende Unterrichtsprozesse in den Blick zu nehmen, wird von uns als gewinnbringend eingeschätzt. Zum einen bietet diese Herangehensweise tiefere Einblicke in individuelle Schwierigkeiten von Schüler\*innen, zum anderen ist bekannt, dass auch Studierende noch vor ähnlichen Herausforderungen stehen (Woitkowski & Reinhold, 2018). Es erwies sich allerdings als schwierig, Problemstellungen mit nur genau einer vermuteten Schwierigkeit zu formulieren. Die in den Blick genommenen schwierigkeiterzeugenden Merkmale (Fachsprache, Mathematik, Modellieren, (fehlender) Alltagsbezug) treten nie völlig eigenständig auf, sodass nur versucht werden konnte, wenigstens jeweils einen Schwerpunkt pro Arbeitsblatt zu realisieren.

## 6.2 Fazit und Ausblick

Bislang war die Schüler\*innenperspektive auf Gründe für die von ihnen wahrgenommene Schwierigkeit des Unterrichtsfaches Physik in der fachdidaktischen Literatur unterrepräsentiert. Die in diesem Zusammenhang hier vorgestellten Befragungen von Schüler\*innen schliessen daher eine Forschungslücke und die Ergebnisse können den fachdidaktischen Diskurs ergänzen. Trotz kleinerer Studienbeschränkungen lassen sich verschiedene Implikationen für den Physikunterricht sowie für weitere Forschungsansätze ableiten.

### 6.2.1 Implikationen für den Physikunterricht

Modelle und Experimente bilden die beiden Säulen naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns. Sowohl die Bedeutung des Modellierens als auch des Experimentierens wurden von den Schüler\*innen im Kontext der wahrgenommenen Schwierigkeit artikuliert - wengleich in sehr unterschiedlicher Weise.

Experimentieren wird von vielen Schüler\*innen als ein vergleichsweise leichter Aspekt des Physikunterrichts wahrgenommen. Von Schüler\*innen einerseits und Fachdidaktiker\*innen andererseits scheint dabei ein unterschiedlicher Anspruch an die Tätigkeit des Experimentierens gerichtet zu werden. In der Naturwissenschaftsdidaktik wird experimentelle Kompetenz als Wissen und Fähigkeit verstanden, „durch gezielte handelnde Auseinandersetzung mit der Natur Daten zu gewinnen, diese vor dem Hintergrund von Modellen und Theorien zu interpretieren und dadurch Wissen und Erkenntnisse über die Natur abzuleiten“ (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018, 122). Von Schüler\*innen scheint Experimentieren häufig allein mit 'handelnder' Abwechslung im Unterrichtsalltag verbunden zu werden. Mit Blick auf den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung darf insbesondere hinterfragt werden, inwiefern sich Schüler\*innen der gegenseitigen Wechselbeziehung zwischen Experiment und Modell bewusst sind (Teichrew & Erb, 2020).

Gleichzeitig ist das von Schüler\*innen als eines der schwierigsten benannte Spezifikum des Physikunterrichts das Modellieren, insbesondere die (Re-)Konstruktion von Modellen. Aus der Forschung zur Vermittlung von Naturwissenschaftsverständnis („Nature of Science“, z. B. Heering & Kremer, 2018) ist bekannt, dass die Hoffnung unerfüllt bleibt, die erwünschten Kompetenzen im Bereich des Experimentierens und Modellierens würden sich durch häufiges, implizites Erleben im Unterricht steigern lassen. Erst eine explizite Auseinandersetzung der Schüler\*innen nicht allein mit Fachinhalten, sondern auch und gerade mit Facetten des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“, ermöglicht einen Kompetenzzuwachs und möglicherweise damit einhergehend eine Neubewertung der Schwierigkeit von Physikunterricht. Es sollte also zum Beispiel expliziter Lerngegenstand sein, welche Bedeutung das Experiment für das Verständnis von Physik hat und unter welchen Annahmen, bzw. Idealisierungen die Verwendung von Modellen als gerechtfertigt bewertet werden darf. Ein Ansatz, wie dieser Anspruch erfüllt werden könnte, wird im folgenden Abschnitt skizziert und bedarf empirischer Überprüfung.

### 6.2.2 Implikationen für weitere Forschung

Die in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse können Grundlage weiterer Forschung sein. Ausgehend von der Identifikation der Modellkonstruktion als schwierigkeiterzeugendes Merkmal sowie dem Befund des aus Schüler\*innensicht vermissten Alltagsbezuges werden im Folgenden drei Forschungsfelder skizziert.

1. Der adäquate Umgang mit Modellen wird als eine wesentliche Kompetenz der Lernenden erachtet. Für zukünftige fachdidaktische Forschungen in der Naturwissenschaft erscheint es nötig, stärkeres Augenmerk auf die Konstruktion und Reflexion von Modellen und die daraus folgenden Wirkungen im Bereich der Erkenntnisgewinnung von Schüler\*innen und Studierenden zu legen. Darüber hinaus ist bekannt, dass Experimentieren im Sinne der oben beschriebenen Experimentierkompetenz Schüler\*innen Schwierigkeiten bereitet (Kechel, 2016; Schwichow & Nehring, 2018). Sowohl für den Prozess der (Re-)Konstruktion von Modellen als auch den des Experimentierens bietet sich eine explizite Thematisierung der Bedeutung von Idealisierungen an. Idealisierungen können als Modellen und Experimenten zugrunde liegende Annahmen verstanden werden. Sie sind damit essenziell für ein Verständnis davon, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Allgemeinen funktioniert, und wie Modelle im Speziellen konstruiert (Shemwell & Capps, 2019) sowie Experimente sinnvoll konzipiert werden können. Unter der Annahme, dass gerade ein mangelndes Verständnis der Bedeutung von Idealisierungen schwierigkeiterzeugend und damit lernhinderlich ist, sollte deren Bedeutung sowohl beim Experimentieren als auch beim Modellieren stärker in den Blick genommen werden. Aktuell findet eine Befragung

naturwissenschaftlicher Lehrkräfte statt, um zu erfahren, ob und inwiefern Idealisierungen in deren Unterricht eine Rolle spielen (Winkelmann, 2021). Mittelfristig soll die Wirkung einer expliziten Auseinandersetzung mit Idealisierungen auf Ebene des Schüler\*innenverständnisses untersucht werden. Daraus sollen schliesslich Handlungsempfehlungen für die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften abgeleitet werden.

2. Der schüler\*innenseitige Wunsch nach einer Orientierung naturwissenschaftlichen Unterrichts an Alltagsphänomenen ist in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung seit langem bekannt und wird durch Studien zur Wirksamkeit von Kontexten begleitet (z. B. in der Physik: Podschuweit & Bernholt, 2017; Burde et al., 2020). Für einen zielführenden Einsatz von Kontexten zeigt sich, dass ein angemessenes Design von Kontexten unerlässlich ist, um das Interesse und (meta-)kognitive Prozesse von Schüler\*innen zu steigern (Pozas et al., 2020). Es bleibt festzuhalten, dass Kontexte in der Regel fachlich komplexe Situationen darstellen. Um sie verstehen zu können, müssen sie in einzelne Systeme zerlegt werden und die jeweilige Physik verstanden werden, was meist über eine aktive Modellierung des jeweiligen Phänomens erfolgen muss (Löffler & Kauertz, 2021). Auch hier erscheint es lohnend, durch eine explizite Auseinandersetzung mit zugrunde liegenden Idealisierungen ein Verständnis für die Konstruktion von Modellen zu fördern.
3. Zu guter Letzt erscheint es uns wünschenswert, eine Weiterentwicklung der durch die berichteten Studien nun vorliegenden Erhebungsinstrumente zu verfolgen. Dabei sollten qualitative Untersuchungen um induktiv gewonnene Kategorien erweitert werden, um eventuell neue schwierigkeiterzeugende Merkmale zu identifizieren. Um die (quantitative) Datenbasis zu vergrössern, sollen ähnliche Schüler\*innenbefragungen zukünftig online erfolgen - in der Hoffnung, damit eine umfassendere Schüler\*innenschaft, ggf. differenziert nach Bildungsgängen und Jahrgangsstufen, abbilden zu können.

## References

- Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, But Fun. Pupils' and Teachers' Views of Physics and Physics Teaching. *Science Education*, 88(5), 683–706. <https://doi.org/10.1002/sce.10141>
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren: Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0078-7>
- Bennett, J., & Hogarth, S. (2009). Would YOU want to talk to a scientist at a party? High school students' attitudes to school science and to science. *International Journal of Science Education*, 31(14), 1975–1998. <https://doi.org/10.1080/09500690802425581>
- Blum, W., & Ferri, R. B. (2009). Mathematical Modelling: Can It Be Taught And Learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45–58.
- Brandenburger, M. (2016). *Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden*. Logos.
- Burde, J., Dopatka, L., Spatz, V., Hopf, M., Wilhelm, T., Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C., & Ivanjek, L. (2020). Ein kontextstrukturiertes Unterrichtskonzept mit Potenzial. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1. Abgerufen am 09.12.2020 von <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/1041>.
- Dörner, D. (2006). Sprache und Denken. In J. Funke (Hrsg.), *Denken und Problemlösen* (S. 619–643). Verlag für Psychologie.
- Dorsch, A. V. (2013). *Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben*. Logos.
- Eilam, B. (2002). Strata of comprehending ecology: Looking through the prism of feeding relations. *Science Education*, 86(5) 645–671.
- Euler, M. (1982). *Physikunterricht - Anspruch und Realität*. Lang.
- Fareed, B. & Winkelmann, J. (2019). Schülerwahrnehmung von Schwierigkeit des Physikunterrichts und der kognitiven Aktivierung durch die Lehrkraft. In H. Grötzebach & V. Nordmeier (Hrsg.), *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Aachen 2019*, S. 167–169.
- Ford, K. W. (1989). Is physics difficult? *American Journal of Physics*, 57, 871–872. <https://doi.org/10.1119/1.15837>.
- Freese, M. (2019). *Diagnose schwierigkeiterzeugender Merkmale anhand physikalischer Problemstellungen*. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen des Ersten Staatsexamens. Institut für Didaktik der Physik, Universität Frankfurt. Zuletzt aufgerufen am 8.10.2021: [https://ae73f99a-a3b5-4ced-a8ad-a4834582020b.filesusr.com/ugd/9625d5\\_060d39946bc840a0b0ae81cd151d55bb.pdf](https://ae73f99a-a3b5-4ced-a8ad-a4834582020b.filesusr.com/ugd/9625d5_060d39946bc840a0b0ae81cd151d55bb.pdf)
- Fruböse, C. (2010). Der ungeliebte Physikunterricht. Ein Blick in die Fachliteratur und einige Anmerkungen aus der Praxis. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 63(7), 388–392.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Springer.
- Gingras, Y. (2001). What did mathematics do to physics? *History of Science*, 39(4), 383–416. <https://doi.org/10.1177/007327530103900401>.
- Gut-Glanzmann, C. & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–140). Springer.

- Hahn, S., & Prediger, S. (2008). Bestand und Änderung – Ein Beitrag zur didaktischen Rekonstruktion der Analysis. *Journal für Mathematikdidaktik*, 29, 163–198.
- Heering, P. & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 105–119). Springer.
- Heinze, A. (2002). „...aber ein Quadrat ist kein Rechteck“ – Schülerschwierigkeiten beim Verwenden einfacher geometrischer Begriffe in Jahrgang 8. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34(2), 51–55.
- Herbst, M., Fürtbauer, E.-M. & Strahl, A. (2016). Interesse an Physik - in Salzburg. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, Zuletzt aufgerufen am 09.12.2020 von <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/682/838>.
- Hoffmann, L., Häussler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.
- Hoffmann, L. & Lehrke, M. (1986). Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32(2), 189–204.
- Höttecke, D. & Riess, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 127–139. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0030-z>.
- Institut für Jugendforschung (2004). *Meinungen und Einstellungen von Schülern zum Thema Chemie*. IJF.
- Jung, W. (1995). Hat der Physikunterricht eine Zukunft? Überlegungen zum Verhältnis von Physik und Technik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1(1), 5-14.
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren: eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Logos.
- Kechel, J.-H. & Wodzinski, R. (2016). Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren zum Hooke'schen Gesetz. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 170-173). Universität Regensburg.
- KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München, Neuwied: Luchterhand.
- KMK (2020). *Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss vom 18.06.2020*. Zuletzt aufgerufen am 26.8.2021: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2020/2020\\_06\\_18-BildungsstandardsAHR\\_Physik.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf)
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 476–490). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kuhn, J. & Müller, A. (2014). Context-based science education by newspaper story problems: A study on motivation and learning effects. *Perspectives in Science*, 2, 5–21. <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2014.06.001>.
- Lehner, M. (2012). *Didaktische Reduktion*. Haupt.
- Leisen, J. (1998). Sprache(n) im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik*, 47(2), 2–4.
- Leisen, J. (2005). Wechsel der Darstellungsformen – Eine wichtige Strategie im kommunikativen Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 16, 10–11.
- Leisen (2010). Problemorientierter Unterricht und Aufgabenkultur. In S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.), *Physik-Methodik: Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (2. Aufl., S. 82-94). Berlin: Cornelsen.
- Löffler, P. & Kauertz, A. (2021). Kontext und Problemlösen. Eine Prozessanalyse. *Progress in Science Education* (4)1, 36-45. <https://doi.10.25321/prise.2021.1051>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. (12. überarb. Aufl.). Beltz.
- Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2018). Formulierung eines evidenzbasierten Validitätsarguments am Beispiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24, 131–150. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0079-6>.
- Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 245-261.
- Merzyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen*. Schneider Verlag Hohengehren.
- Merzyn, G. (2010). Physik – ein schwieriges Fach? *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 59(5), 9–12.
- Mey, G. & Mruck, K. (2010). Interviews. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 423–435). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mikelskis, H. F. (2010). Physikunterricht als Beitrag zur Bewältigung gesellschaftlicher Schlüsselprobleme. In H.F. Mikelskis (Hrsg.), *Physik-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (2. Aufl, S. 11–38). Cornelsen.
- Mikelskis-Seifert, S. & Leisner, A. (2003). Das Denken in Modellen fördern. Ein Unterrichtsbeispiel zur Entwicklung von Teilchenvorstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 14(74), 32-34.
- Muckenfuss, H. (2006). *Lernen im sinnstiftenden Kontext: Entwurf einer zeitgemässen Didaktik des Physikunterrichts* (1. Aufl., 2. Dr.). Cornelsen.
- Nentwig, P., & Waddington, D. (Hrsg.). (2005). *Context based learning of science*. Waxmann.
- Nielsen, H. & Thomsen, P. V. (1985). Physics in upper secondary schools in Denmark. *European Journal of Science Education*, 7(1), 95–106. <https://doi.org/10.1080/0140528850070110>.
- OECD (2014). *PISA 2012 Results (Volume V). Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems*. OECD Publishing.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I). What students know and can do*. OECD Publishing.

- Ornek, F., Robinson, W. R. & Haugan, M. P. (2008). What makes physics difficult? *International Journal of Environmental & Science Education* 3(1), 30–34.
- Parchmann, I., & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 193–207). Springer.
- Podschuweit, S. & Bernholt, S. (2017). Composition-effects of context-based learning opportunities on students' understanding of energy. *Research in Science Education*, 48, 717–752. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9585-z>
- Pospiech, G., Uhden, O. & Geyer, M.-A. (2015). Modell der mathematischen Modellierung in der Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 199–201). IPN.
- Pozas, M., Löffler, P., Schnotz, W., & Kauertz, A. (2020). The Effects of Context-based Problem-solving Tasks on Students' Interest and Metacognitive Experiences. *Open Education Studies* 2(1), 112–125. <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0118>
- Rabe, T. (2019). Identitätsaushandlungen zu Physik als Aspekt naturwissenschaftlicher (Grund)Bildung? In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018 (S. 25–39). Universität Regensburg.
- Reit, X.-R., & Schäfer, M. (2020). An Analysis of Learners' Solution Strategies in the Context of Modelling Tasks. *Journal on Mathematics Education*, (11)3, 501-512.
- Rincke, K. (2011). It's Rather like Learning a Language: Development of talk and conceptual understanding in mechanics lessons. *International Journal of Science Education*, 33(2), 229–258. <https://doi.org/10.1080/09500691003615343>
- Rincke, K., & Markic, S. (2018). Sprache und das Lernen von Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31–48). Springer.
- Sharp, C., Hutchinson, D. & Davis, C. (1996). The Take-up of Advanced Mathematics and Science Courses. *School Curriculum and Assessment Authority*.
- Schwichow, M., & Nehring, A. (2018). Variablenkontrolle beim Experimentieren in Biologie, Chemie und Physik: Höhere Kompetenzzusprägungen bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie durch höheres Fachwissen? Empirische Belege aus zwei Studien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 217–233. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0085-8>.
- Shemwell, J. T. & Capps, D. (2019). Learning Abstraction as a Model Competence. In A. Upmeyer zu Belzen, D. Krüger & J. van Driel (Hrsg.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education* (S. 291–307). Springer Nature.
- Spiegel, R. (2008). Zur Beziehung zwischen Physik und Technik. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 57(4), 10–13.
- Strömmer, T. (2020). *Fachspezifische Merkmale und ihr Zusammenhang mit der (Un-) Beliebtheit von Physikunterricht*. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen des Ersten Staatsexamens. Institut für Didaktik der Physik, Universität Frankfurt. Zuletzt aufgerufen am 8.10.2021: [https://ae73f99a-a3b5-4ced-a8ad-a4834582020b.filesusr.com/ugd/9625d5\\_52b18b5044524e64be1814b4bc9a9f97.pdf](https://ae73f99a-a3b5-4ced-a8ad-a4834582020b.filesusr.com/ugd/9625d5_52b18b5044524e64be1814b4bc9a9f97.pdf)
- Sumfleth, E., & Fischler, H. (Hrsg.). *Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften der Chemie und Physik. Studien zum Physik- und Chemielernen Bd. 200*. Berlin: Logos.
- Teichrow, A. & Erb, R. (2020). Von der Beobachtung zur Erkenntnis am Beispiel des Regenbogens - Lernen mit Modellen und Experimenten. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 73(6), 481–486.
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht: Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Logos.
- Uhden, O. (2016). Verständnisprobleme von Schülerinnen und Schülern beim Verbinden von Physik und Mathematik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 13–24. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0038-4>
- Wagenschein, M. (1988). *Naturphänomene sehen und verstehen: Genetische Lebngänge* (2. Aufl.). Stuttgart: Klett.
- Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., Boyes, E., & Dickson, D. (2003). Why aren't secondary students interested in physics? *Physics Education*, 38(4), 324–329. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/38/4/306>
- Winkelmann, J. & Erb, R. (2018). Der Einfluss von Schüler- und Demonstrationsexperimenten auf den Lernzuwachs in Physik. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 17(1), S. 21-33.
- Winkelmann, J. (2019). Idealisierungen und Modelle im Physikunterricht. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Hrsg.), *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Aachen 2019*, S. 227-231.
- Winkelmann, J. (2021). On Idealizations and Models in Science Education. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00291-2>
- Wodzinski, R., 2013. Lernen mit gestuften Hilfen. *Physik Journal* 12, 45–49.
- Wodzinski, R., & Heinicke, S. (2018). Sprachbildung im Physikunterricht: Unterricht gestalten zwischen Fachsprache, Bildungssprache und Sprachförderung. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 165/166(29), 4–11.
- Woitkowski, D., & Reinhold, P. (2018). Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben: Pilotergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* (S. 726–729). Universität Regensburg.

## Anhang

### Fragebögen zur Erhebung wahrgenommener schwierigkeiterzeugender Merkmale.

#### Studie A

1. Nur wenn ich mich anstrenge, verstehe ich Physik.
2. Der Physikunterricht bringt mir etwas für meinen Alltag (UMGEPOLT).
3. Ich muss zu viele Formeln lernen.
4. Physik ist wie eine weitere Fremdsprache für mich.
5. Das Interpretieren von Diagrammen fällt mir schwer.
6. Graphische Darstellungen helfen mir beim Verständnis physikalischer Prozesse (UMGEPOLT).
7. Es gibt in der Physik zu viele schwierige Begriffe.
8. Die Sachtexte im Physikbuch sind für mich oft unverständlich.
9. Beim Lösen von Aufgaben weiß ich oft nicht, wie ich vorgehen soll.
10. Das Modellieren (Idealisieren) von physikalischen Phänomenen fällt mir leicht (UMGEPOLT).
11. Beim Umstellen von Formeln habe ich keine Schwierigkeiten (UMGEPOLT).
12. Das Experimentieren im Physikunterricht fällt mir leicht (UMGEPOLT).

#### Studie B

Items zum Interesse am Physikunterricht	Items zur wahrgenommenen Schwierigkeit
<b>Experimentieren</b>	
1. Ich finde Überlegungen über den Ausgang von Experimenten interessant.	1. Ich finde Überlegungen über den Ausgang von Experimenten schwierig.
2. Es interessiert mich, Experimente selbst zu entwickeln.	2. Es bereitet mir Schwierigkeiten, Experimente selbst zu entwickeln.
3. Wenn meine Lehrkraft Experimente vorführt, dann finde ich das interessant.	3. Bei Experimenten, die meine Lehrkraft durchführt, fällt es mir schwer, die wesentlichen Aspekte zu erfassen und zu beobachten.
4. Wenn ich selbst experimentieren kann, dann finde ich das interessant.	4. Selbständiges Experimentieren bereitet mir Schwierigkeiten.
5. Beim Experimentieren finde ich das Messen von physikalischen Größen interessant.	5. Beim Experimentieren finde ich das Messen von physikalischen Größen schwierig.
6. Es interessiert mich, den Verlauf von Experimenten genau zu beschreiben und zu protokollieren.	6. Es fällt mir schwer, den Verlauf von Experimenten genau zu beschreiben und zu protokollieren.
7. Es interessiert mich, Experimente nach der Beobachtung oder Durchführung auszuwerten.	7. Es bereitet mir Schwierigkeiten, Experimente nach der Beobachtung oder Durchführung auszuwerten.
<b>Technik</b>	
8. Diskussionen über technische Neuerungen finde ich interessant.	8. Das Diskutieren technischer Neuerungen fällt mir schwer.
9. Ich finde es interessant, mir selbst technische Geräte auszudenken.	9. Ich finde es schwierig, mir selbst technische Geräte auszudenken.
10. Es interessiert mich, technische Geräte selbst auseinanderzunehmen oder zusammenzubauen.	10. Es fällt mir schwer, technische Geräte selbst auseinanderzunehmen oder zusammenzubauen.
11. Wenn ich bei Experimenten mit technischen Bauteilen hantieren muss, dann finde ich das interessant.	11. Wenn ich bei Experimenten mit technischen Bauteilen hantieren muss, dann finde ich das schwierig.
<b>Modelle</b>	
12. Wenn ich ein Phänomen beobachte, dann interessiert es mich zu überlegen, welche Aspekte überhaupt für eine physikalische Betrachtung wichtig sind.	12. Wenn ich ein Phänomen beobachte, dann ist es schwierig zu überlegen, welche Aspekte überhaupt für eine physikalische Betrachtung wichtig sind.
13. Es interessiert mich, komplizierte physikalische Gegebenheiten so zu vereinfachen, dass ich mit ihnen arbeiten kann.	13. Es bereitet mir Schwierigkeiten, komplizierte physikalische Gegebenheiten so zu vereinfachen, dass ich mit ihnen arbeiten kann.
14. Ich finde es interessant, auf Basis physikalischer Modelle Vorhersagen zu treffen.	14. Ich finde es schwierig, auf Basis physikalischer Modelle Vorhersagen zu treffen.
15. Das eigenständige Entwickeln physikalischer Modelle finde ich interessant.	15. Das eigenständige Entwickeln physikalischer Modelle finde ich schwierig.
	16. Das Vergleichen verschiedener physikalischer Modelle finde ich schwierig.

16. Das Vergleichen verschiedener physikalischer Modelle finde ich interessant.	
<b>Abstraktion und Darstellung</b>	
<p><b>Mathematisierung</b></p> <p>17. Die Darstellung physikalischer Sachverhalte mit mathematischen Mitteln finde ich interessant.</p> <p>18. Es interessiert mich, physikalische Aufgabenstellungen mit mathematischen Mitteln zu lösen.</p> <p><b>Darstellungen</b></p> <p>19. Das Arbeiten mit Diagrammen finde ich interessant.</p> <p>20. Das Arbeiten mit graphischen Darstellungen finde ich interessant.</p> <p>21. Das Wechseln zwischen verschiedenen Darstellungsformen (Diagramme, Formeln, Skizzen usw.) interessiert mich.</p> <p><b>Fachsprache</b></p> <p>22. Ich bin daran interessiert, meinen Wortschatz durch physikalische Fachbegriffe zu erweitern.</p> <p>23. Es interessiert mich, meine Argumentation im Physikunterricht durch Fachbegriffe zu stützen.</p>	<p><b>Mathematisierung</b></p> <p>17. Die Darstellung physikalischer Sachverhalte mit mathematischen Mitteln bereitet mir Schwierigkeiten.</p> <p>18. Es fällt mir schwer, physikalische Aufgabenstellungen mit mathematischen Mitteln zu lösen.</p> <p><b>Darstellungen</b></p> <p>19. Das Arbeiten mit Diagrammen finde ich schwierig.</p> <p>20. Das Arbeiten mit graphischen Darstellungen bereitet mir Schwierigkeiten.</p> <p>21. Das Wechseln zwischen verschiedenen Darstellungsformen (Diagramme, Formeln, Skizzen usw.) finde ich schwierig.</p> <p><b>Fachsprache</b></p> <p>22. Es fällt mir schwer, meinen Wortschatz durch physikalische Fachbegriffe zu erweitern.</p> <p>23. Ich finde es schwierig, meine Argumentation im Physikunterricht durch Fachbegriffe zu stützen.</p>
<b>Problemorientierung</b>	
<p>24. Ich finde den Unterricht interessant, wenn er mit einem Problem beginnt, das ich am Anfang der Stunde noch nicht lösen kann.</p> <p>25. Ich finde es interessant, zum Lösen von Problemen verschiedene Strategien oder Methoden anzuwenden.</p> <p>26. Ich finde das Bearbeiten von Physikaufgaben, die sich nicht nach einem bekannten Schema lösen lassen, interessant.</p>	<p>24. Der Unterricht bereitet mir Schwierigkeiten, wenn er mit einem Problem beginnt, das ich am Anfang der Stunde noch nicht lösen kann.</p> <p>25. Es fällt mir schwer, zum Lösen von Problemen verschiedene Strategien oder Methoden anzuwenden.</p> <p>26. Ich finde das Bearbeiten von Physikaufgaben, die sich nicht nach einem bekannten Schema lösen lassen, schwierig.</p>