

Physikalisches Vorwissen in Physik-Nebenfachveranstaltungen

Kevin Schmitt, Verena Spatz

Physikdidaktik, Fachbereich Physik
Technische Universität Darmstadt
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt

kevin_richard.schmitt@tu-darmstadt.de,
verena.spatz@tu-darmstadt.de

Kurzfassung

Aktuelle Forschungsergebnisse u.a. im Zusammenhang mit den tendenziell hohen Misserfolgs- bzw. Abbruchquoten in Physik belegen immer wieder, dass besonders mathematische aber auch physikspezifische (Vor-)Kenntnisse erheblichen Einfluss auf den Studienerfolg haben können. Dabei konzentrieren sich die bisherigen Erhebungen vorwiegend auf Studierende im Hauptfach (Müller et. al), während für die Gruppe der Physik-Nebenfachstudierenden, die im Hinblick auf voruniversitäre physikalische Ausbildung besonders heterogen ist, kaum empirische Erkenntnisse vorliegen.

Vor diesem Hintergrund wurde ein Vorwissenstest entwickelt, um zunächst das physikalische Vorwissen von Studierenden in Physik-Nebenfachveranstaltungen zu untersuchen. Basierend auf der theoretischen Grundlage nach Hailikari (Hailikari et al., 2007; Hailikari, 2009), wird das physikalische Wissen dabei in verschiedene Wissensbereiche und Inhaltsfelder segmentiert. Es konnte auf bereits bestehende Messinstrumente (Binder et al., 2019; Binder, Schmiemann & Theyssen, 2019; Müller, 2018; Riese et al., 2015) zurückgegriffen werden, die zielgruppengerecht adaptiert wurden.

Der Vorwissenstest wurde im Wintersemester 21/22 in vier Lehrveranstaltungen der TU Darmstadt pilotiert. Die Auswertung der Ergebnisse lässt neben der Überarbeitung und Reliabilitätsprüfung des Tests auch vorläufige Aussagen über die Unterschiede im physikalischen Vorwissen zwischen den unterschiedlichen Studierendengruppen zu. Anhand der statistischen Ergebnisse werden die Konsequenzen für die Überarbeitung des Tests beschrieben.

1. Einleitung

Bereits im Jahr 1978 wurde das Vorwissen in Mathematik und Physik an deutschen Hochschulen über einen bundesweiten Studieneingangstest erhoben (Krause & Reiners-Logothetidou, 1981). Seitdem finden Vorwissenstests in oder vor der Studieneingangsphase besonders in MINT-Fächern Anwendung. Da sich in den letzten Jahren etwa gleichbleibend hohe Studienabbruchquoten in MINT-Fächern verzeichnen lassen (Heublein et al., 2020; Heublein & Schmelzer, 2018) werden Vorwissenstests vermehrt dafür genutzt, Ursachen für den Studienabbruch zu identifizieren und Unterstützungsangebote bereitzustellen. Aktuelle Forschungsergebnisse belegen den Zusammenhang zwischen dem mathematischem sowie dem physikalischem Vorwissen und dem Studienerfolg in naturwissenschaftlichen und technischen Studiengängen (Binder, Sandmann et al., 2019; Buschhüter et al., 2016; Müller, 2018). Dabei ist die Rolle des mathematischen Vorwissens in Bezug auf den Studienerfolg empirisch besonders belegt (vgl. Müller, 2018; Buschhüter et al., 2016), was zu einem breiten Angebot an mathematischen Vor- und

Brückenkursen an deutschen Hochschulen führte (Bausch et al., 2014).

Deutlich wird dieser Zusammenhang des Weiteren bei Befragungen von Exmatrikulierten im Fach Physik, in denen Gründe für den Studienabbruch aufgeklärt werden sollen (Albrecht, 2011). Am häufigsten nennen die Befragten als Abbruchmotiv zu hohe inhaltliche Anforderungen bezogen auf die ersten Studiensemester. Weiterhin werden unzureichende mathematische und physikalische Vorkenntnisse und zeitökonomische Schwierigkeiten beim Nachholen fehlender Kenntnisse als Grund für Studienabbrüche genannt. Daher liegt die Vermutung nahe, dass Studienanfänger*innen im Fach Mathematik oder Physik mit den kumulativen Anforderungen im Studium besser zurecht kommen könnten, wenn Vorwissen vorhanden und abrufbar ist.

2. Forschungsdesiderate und Projektziele

Um aufzuklären, in welchen Bereichen und in welchen Inhalten Studierende explizit über genügend Vorwissen verfügen sollten, damit sich dies positiv auf den Studienerfolg auswirkt, erweist sich eine Betrachtung des Vorwissens nach Hailikari (2007) als praktikabel. Im deutschsprachigen Raum wurde das

Vorwissensmodell von Hailikari für die Konzeption von Vorwissenstests zum Studienbeginn in den Fächern Physik und Biologie herangezogen (Binder, Sandmann et al., 2019). Demnach werden die Wissensbereiche Faktenwissen, Konzeptwissen, Anwendungswissen und vernetztes Wissen unterschieden (siehe Abschnitt 3 zur Testkonstruktion). Gezeigt werden konnte durch die Studie der ALSTER Forschungsgruppe, dass diese Differenzierung des Vorwissens in verschiedene Wissensbereiche valide Prädiktoren für den Studienerfolg liefern kann. Speziell für Studierende mit Physik als Hauptfach konnten Zusammenhänge des Konzeptwissens sowie des Anwendungswissens mit dem Studienerfolg festgestellt werden. Für Studierende mit Physik als Nebenfach liegen hierzu dagegen noch keine empirischen Erkenntnisse vor.

Um auch in dieser Studierendengruppe die Relevanz der verschiedenen Wissensbereiche für den Studienerfolg untersuchen zu können ist es das Ziel unseres Projektes, zunächst ein für die Stichprobe geeignetes Testinstrument des physikalischen Vorwissens zu entwickeln und zu validieren. Weiterhin soll das Testinstrument in einem nächsten Schritt dazu eingesetzt werden, Vorwissensprofile von Studierenden mit Physik als Nebenfach in unterschiedlichen Studiengängen herauszuarbeiten.

Im Folgenden werden die Konstruktion des Testinstruments und erste Ergebnisse aus der Pilotierung im Wintersemester 2021/2022 vorgestellt. Dabei wird sowohl ein Vergleich der Ergebnisse zwischen verschiedenen Studiengängen als auch innerhalb der Studiengänge zwischen den Wissensbereichen und Inhaltsfeldern vorgenommen.

3. Testkonstruktion

Als Grundlage für die Testentwicklung wird sich an dem Vorwissenstest nach Binder et al. (2019) orientiert. Da sich die Zielgruppe der Hauptfachstudierenden bei Binder et al. (2019) jedoch von der hier in den Blick genommen Gruppe der Nebenfachstudierenden unterscheidet, müssen auch strukturelle und inhaltliche Anpassungen vorgenommen werden.

Der Test basiert auf dem Vorwissensmodell nach Hailikari et al. (2007). Im genannten Modell wird das fachspezifische Vorwissen zunächst in zwei prozessbasierte Arten aufgeteilt (Anderson et al., 2001). Es folgt die Unterscheidung zwischen deklarativem Vorwissen (Wissenswiedergabe) und prozeduralem Vorwissen (Verstehen und Anwenden). Weiterhin werden diese beiden Arten feiner in insgesamt vier Vorwissensbereiche segmentiert. Das deklarative Wissen kann in zwei verschiedenen komplexe Stufen aufgeteilt werden. Dabei wird eine Wissenswiedergabe in Form von Knowledge of facts (Faktenwissen) und Knowledge of meaning (Konzeptwissen) unterschieden. Das prozedurale Wissen hingegen beinhaltet: Integration of knowledge (vernetztes Wissen) und Application of

knowledge (Anwendungswissen) (Hailikari et al., 2007). Beide Bereiche implizieren, neben der Wissenswiedergabe, das Verstehen (vernetztes Wissen) sowie das Verstehen und Anwenden (Anwendungswissen) von Inhalten und Zusammenhängen.

Im Modell steigt die Komplexität des (Vor)Wissens in der dargestellten Reihenfolge an.

3.1. Wissensbereiche

Nach den Ergebnissen der Prädiktionsstudie von Binder et al. (2019) werden in die Entwicklung des Tests zum einen die Vorwissensbereiche Konzept- und Anwendungswissen integriert. Zum anderen wird diese Auswahl durch das Faktenwissen ergänzt, um einen möglichen Bodeneffekt bei der Messung zu vermeiden. Auf die Erhebung des vernetzten Wissens wird aus zeitökonomischen Gründen verzichtet, da dieses bei Binder et al. nicht mit dem Studienerfolg im Zusammenhang stand.

Der Testteil Faktenwissen besteht aus Multiple-Choice-Aufgaben (Single Select), die das Wissen über physikalische Einheiten, Formeln und einfache physikalische Zusammenhänge, wie z.B. vektorielle Größen beinhaltet. Die Bewertung erfolgt für jedes Testitem dichotom („richtig“ oder „falsch“).

17. G-06

Die Kraft auf einen sich bewegenden Ladungsträger in einem elektromagnetischen Feld nennt man auch Lorentzkraft.

Welche der folgenden Gleichungen beschreibt die Lorentzkraft?

- $F_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$
- $F_L = \vec{v} + q \cdot \vec{B}$
- $F_L = \vec{v} \times q \cdot \vec{B}$
- $F_L = q \cdot (\vec{E} \times \vec{B})$

Abb. 1: Beispielimitem zur Lorentzkraft aus dem Testteil Faktenwissen.

Der Teil Konzeptwissen besteht aus Fragen zu physikalischen Konzepten oder Gesetzen, die über die Wiedergabe einer Formel hinausgehen. Die Studierenden bekommen zu jedem Item einen Satzanfang vorgegeben und sollen zur Beantwortung ein bis zwei Sätze als Freitext formulieren. Bewertet werden die im jeweiligen Item enthaltenen Kernaspekte des Konzepts anhand eines Kodiermanuals durch Bepunktung in drei Abstufungen: „0 Punkte - Kernaspekt nicht genannt“, „1 Punkt - Kernaspekt teilweise (richtig) beschrieben“ und „2 Punkte - Kernaspekt richtig beschrieben“. Falls ein Item mehrere Kernaspekte enthält, werden die Punkte der einzelnen Kernaspekte bei der Auswertung aufsummiert. Das Anwendungswissen wird mittels Sortieraufgaben (Friege, 2001) erhoben. Bei diesen wird überprüft, ob die Teilnehmenden über bestimmte Lösungsschemata von vorgegebenen Physikaufgaben verfügen.

43. KW-E6
 Beurteilen Sie physikalisch die Aussage „Elektrischer Strom und elektrische Spannung treten immer gemeinsam auf“.

Es gilt: ...

Abb. 2: Beispielitem zum dritten Newtonschen Gesetz“ aus dem Testteil Konzeptwissen.

Im Test bestehen die Sortieraufgaben aus zwei separat bewerteten Aufgabenteilen: Im ersten Aufgabenteil sollen richtige Lösungsansätze für Physikaufgaben gefunden werden. Im zweiten Teil werden die Aufgaben anhand gemeinsamer Lösungsansätze sortiert. Neben dem Finden richtiger Lösungsansätze sollen die Teilnehmenden demnach auch Gemeinsamkeiten innerhalb der Aufgaben identifizieren. Die Bewertung der beiden Aufgabenteile erfolgt jeweils dichotom („richtig“ oder „falsch“). Um eine möglichst eindeutige Bewertung zu garantieren, wurden die erstellten Aufgaben vor der Pilotierung von insgesamt vier Doktorand*innen der Physik getestet. Die daraus entstandenen Expert*innensortierungen wurden im Anschluss mit den intendierten Lösungsansätzen und Sortierungen verglichen. Bis auf wenige Stellen, die geändert werden mussten, war eine gute Passung festzustellen.

11. Aufgabe – Schiefer Lichteinfall
 Ein dünner Lichtstrahl trifft unter einem Winkel von 30° zur Flächennormalen auf eine 2 cm dicke planparallele Glasplatte mit einem Brechungsindex von 1.4.

Aufgabenstellung: Bestimmen Sie um wie viel cm der Strahl beim Durchgang durch die Glasplatte parallel versetzt wird.

(Sie brauchen diese Aufgabenstellung nicht tatsächlich zu lösen. Es geht nur um den Lösungsansatz, mit dem sie die Aufgabe lösen würden!)

Lösungsansatz:

Abb. 3: Beispielitem zum schiefen Lichteinfall aus dem Testteil Anwendungswissen (Aufgabenteil 1).

Lösungsansatz	Aufgaben
Impulserhaltung, Formel Impuls: Stöße	1,2,3,4
Erster Hauptsatz der Thermodynamik	5,6

Abb. 4: Lösungsbeispiel für Aufgabensortierungen aus dem Testteil Anwendungswissen (Aufgabenteil 2).

3.2. Inhaltsfelder

In jedem der drei Wissensbereiche werden die Inhalte jeweils grob in die Inhaltsfelder Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik aufgeteilt. Um die inhaltliche Validität des Tests zu verbessern, werden die Items anhand der Vorgaben aus dem schulischen Kerncurriculum (Hessisches Kultusministerium,

2016a, 2016b) ausgewählt und auf die Stoffpläne der betreffenden Lehrveranstaltungen an der TU Darmstadt angepasst.

Die feinere Aufteilung der Inhaltsfelder erfolgt nach den folgenden Inhalten.

Das Inhaltsfeld Mechanik wird aufgeteilt in:

- Dynamik und Kinematik: Weg-Zeit-Gesetz, Bewegungsgleichung, beschleunigte und gleichförmige Bewegungen
- Arbeit und Leistung (auch Elektrizitätslehre)
- Energieerhaltung und Energie im Allgemeinen (auch Elektrizitätslehre und z.T. Optik)
- Kräftegleichgewicht, (wirkende) Kräfte (auch Elektrizitätslehre und z.T. Optik)
- Schwingungen und Wellen (auch Elektrizitätslehre und Optik)

Das Inhaltsfeld Elektrizitätslehre wird aufgeteilt in:

- Ohm'sches Gesetz, Spannung und Stromstärke
- Schaltungen
- Elektrisches und magnetisches Feld

Das Inhaltsfeld Optik wird aufgeteilt in:

- Sehvorgang und Farben
- Optischer Übergang zwischen Medien, Reflexionsgesetz und Brechungsgesetz
- Abbildungen mit Linsen

Die Inhaltsfelder Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik sind anteilig im Verhältnis 2:2:1 im Test enthalten. Dies folgt daraus, dass Mechanik und Elektrizitätslehre sowohl in der Sekundarstufe II als auch in den Lehrveranstaltungen für Physik als Nebenfach zeitlich und inhaltlich anspruchsvoller behandelt werden als das Inhaltsfeld Optik.

4. Pilotierung

Die Pilotierung des Vorwissenstests fand im Wintersemester 2021/2022 an der TU Darmstadt statt. Der Test wurde in den vier verschiedenen Physik-Nebenfachvorlesungen „Physik für Chemiestudierende I“, „Physik für Biologiestudierende“, „Physik für Maschinenbau“ und „Physik für Elektrotechnik I“ in der ersten Vorlesungswoche im Rahmen einer ersten Hausübung eingesetzt. In den Modulhandbüchern der Fachbereiche ist der Besuch der Veranstaltung im ersten (Elektrotechnik und Biologie) bzw. im dritten Semester (Maschinenbau und Chemie) vorgesehen. Neben Studierenden der namensgebenden Fachbereiche der Veranstaltungen, nehmen in kleineren Anteilen auch Studierende anderer Fachbereiche teil. Für die Teilnahme am Test haben die Studierenden die Möglichkeit bekommen, Übungspunkte für einen Klausurbonus am Ende des Semesters zu erhalten. Die Durchführung fand rein digital über die Plattform SoSciSurvey, außerhalb der

regulären Vorlesungs- bzw. Übungszeiten statt. Vorgesehen war eine Bearbeitungszeit von 60-70 Minuten für den gesamten Test. Zusammengesetzt hat sich der Test in der Pilotierung aus 30 Aufgaben zum Faktenwissen, 22 Aufgaben zum Konzeptwissen und 18 Aufgaben im Bereich Anwendungswissen. Insgesamt haben $N = 744$ Studierende den Vorwissenstest begonnen. Vollständig bearbeitet wurde der Test von $N = 530$ Studierenden. Diese für die Auswertung relevante Stichprobe setzt sich folgendermaßen zusammen:

- Biologiestudierende: $N_{\text{Bio}} = 28$
- Chemiestudierende: $N_{\text{Chem}} = 78$
- Maschinenbaustudierende: $N_{\text{Maschbau}} = 198$
- Elektrotechnikstudierende: $N_{\text{ETT}} = 226$

Bis auf die Veranstaltungen „Physik für Biologiestudierende“, in der nur ca. 30% aller eingetragenen Studierenden am Test teilnahmen, lag die Teilnahme in den anderen Lehrveranstaltungen bei über 50%.

5. Auswertung und Ergebnisse

5.1. Testgüte der verschiedenen Wissensbereiche

Die Testvalidität wird getrennt nach den einzelnen Wissensbereichen betrachtet. Da beim Anwendungswissen die Sortierungen der Lösungsansätze (Sortierungen, Aufgabenteil 2) einen großen Bodeneffekt in allen vier Lehrveranstaltungen aufweisen, werden diese im Folgenden nicht ausgewertet. Beim Anwendungswissen werden daher weiterhin nur die Lösungsansätze der einzelnen Aufgaben (Lösungsansätze, Aufgabenteil 1) betrachtet.

Um nachzuweisen, dass die Items eines jeden Wissensbereichs die entsprechende Vorwissensart messen, wird eine explorative Faktorenanalyse (maximum likelihood) mit Varimax-Rotation (Werner, 2014) durchgeführt. Diese ergibt eine vierfaktorielle Struktur zur Messung des physikalischen Vorwissens. Drei Faktoren ergeben sich größtenteils anhand der Aufteilung der Aufgaben nach den drei Wissensbereichen. Der vierte Faktor setzt sich aus Items verschiedener Wissensbereiche zusammen, welche in Abschnitt 4.3. diskutiert werden.

Die Itemkorrelationen innerhalb des Fakten-, Konzept- oder Anwendungswissens werden nach dem Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium (Backhaus et al., 2018) überprüft. Für jeden Wissensbereich wird in diesem Zusammenhang die measure of sampling adequacy (MSA) als Prüfgröße berechnet (Kaiser, 1981; Kaiser & Rice, 1974). Diese kann einen Wert zwischen 0 – völlig unkorreliert und 1 – vollständig korreliert annehmen. Für das Faktenwissen ergibt sich ein MSA von 0.82, für das Konzept- und Anwendungswissen (Lösungsansätze, Aufgabenteil 1) ein MSA von 0.92. Nach Kaiser (1974) entspricht

dies sehr guten (> 0.8) bis ausgezeichneten (> 0.9) Itemkorrelationen. Der Test weist anhand der Ergebnisse der Faktorenanalyse und der Item-Korrelationen insgesamt eine gute Testvalidität auf. Die Reliabilität des Tests wird über die Berechnung von Cronbachs Alpha (Streiner, 2003) bestimmt. Diese werden ebenfalls getrennt nach den Wissensbereichen berechnet. Es ergibt sich allgemein eine gute Messgenauigkeit für das Faktenwissen [$\alpha=0.77$, $SD=0.16$] mit den niedrigsten Werten für Aufgaben aus dem Inhaltsfeld Optik. Für das Konzept- [$\alpha=0.88$, $SD=0.20$] und Anwendungswissen (Lösungsansätze, Aufgabenteil 1) [$\alpha=0.91$, $SD=0.29$] ergeben sich sehr gute Messgenauigkeiten.

5.2. Allgemeine Testergebnisse

Es folgt eine Betrachtung der Mittelwerte der Testergebnisse. Diese werden nach den Studierendengruppen verschiedener Lehrveranstaltungen für jeden der drei Wissensbereiche separat betrachtet.

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte mit dazugehörigen Standardabweichungen der Testergebnisse nach der beschriebenen Aufteilung angegeben. Anhand der Ergebnisse können die theoretischen Vorüberlegungen des Vorwissensmodells nach Hailikari (2007) bestätigt werden. Danach besitzen die Wissensbereiche unterschiedliche Schwierigkeitsgrade, die durch die entsprechenden Mittelwerte repliziert werden. Die Testergebnisse nehmen damit für alle Gruppen vom Faktenwissen, über das Konzeptwissen bis zum Anwendungswissen deutlich ab. Im Bereich des Anwendungswissens ist, wie bereits in 5.1. genannt, ein starker Bodeneffekt für die Sortierungen der Aufgaben (Sortierungen, Aufgabenteil 2) zu erkennen. Dieser Aufgabenteil liefert damit kaum Informationen über das physikalische Vorwissen der Befragten. Bei der Diskussion der Schlussfolgerungen für die weitere Testentwicklung wird dies von Relevanz sein.

	Biologie	Chemie	E- Technik	Masch.- bau
Faktenwissen	0.44 ± 0.16	0.59 ± 0.15	0.61 ± 0.15	0.69 ± 0.14
Konzeptwissen	0.35 ± 0.17	0.50 ± 0.20	0.47 ± 0.21	0.56 ± 0.18
Anwendungswissen				
Lösungsansätze	0.13 ± 0.19	0.35 ± 0.29	0.31 ± 0.28	0.38 ± 0.30
Sortierungen	0.06 ± 0.11	0.18 ± 0.20	0.15 ± 0.19	0.18 ± 0.21

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Testergebnisse. Aufteilung nach Lehrveranstaltungen und Wissensbereichen. Sortierungen (rot) werden in der Auswertung nicht betrachtet.

Der Vergleich der Daten der unterschiedlichen Studierendengruppen zeigt zunächst auffallende Ergebnisse der Biologiestudierenden. Das Vorwissensniveau der Befragten ist dabei wesentlich geringer als das der anderen Studierendengruppen. Es bestehen Unterschiede in allen drei Wissensbereichen von 0.12 bis maximal 0.25 zwischen den Mittelwerten der Biologiestudierenden und den Studierenden der anderen Lehrveranstaltungen. Die Ergebnisse der Gruppen Elektrotechnik und Chemie sind in allen Wissensbereichen mit einem maximalen Unterschied von 0.04 beim Anwendungswissen (Lösungsansätze, Aufgabenteil 1) vergleichbar gut. Insgesamt haben die Maschinenbaustudierenden die besten Ergebnisse über alle drei Testbereiche hinweg.

5.3. Anpassungen des Testinstruments

Anhand der dargestellten Ergebnisse der Pilotierung werden nun Schlussfolgerungen für die Anpassung des Testinstruments gezogen. Das angepasste Testinstrument soll in Folge dessen in einer weiteren Pilotierungsschleife im Sommer 2022 getestet werden.

Die weitreichendsten Änderungen struktureller Art werden am Testteil Anwendungswissen durchgeführt. Wie bereits in vorangegangenen Abschnitten gezeigt, treten vor allem für die Sortierung (Testteil 2) der einzelnen Lösungsansätze erhebliche Bodeneffekte in allen Lehrveranstaltungen auf. Es lässt sich daraus schließen, dass das aus dem Vorwissenstest für Physik-Hauptfachstudierende übernommene Fragenformat von Binder et al. (2019) nicht direkt für die Physik-Nebenfachstudierenden übertragbar ist.

Für die Weiterentwicklung des Testinstruments werden die Items aus dem Wissensbereich Anwendungswissen daher so abgeändert, dass Studierenden mehrere Lösungsansätze zur Auswahl vorgegeben werden. Dabei wird sich bei der Formulierung von Distraktoren zu den Lösungsansätzen an der Vorgabe von sogenannten Tiefen- und Oberflächenmerkmalen (Chi et al., 1981) orientiert. Mit dem Begriff Tiefenmerkmal sind im Zusammenhang mit den gestellten Aufgaben die korrekten Lösungsansätze (z. B. „Ohm'sches Gesetz“, „Kräftegleichgewicht“, ...) gemeint. Oberflächenmerkmale beschreiben die Merkmale der Aufgaben, die einen oberflächlichen Bezug zum Kontext einer Aufgabe aufweisen, aber keinen Lösungsansatz zur konkreten Aufgabenstellung liefern. Diese werden als Distraktoren in die Liste der Auswahlmöglichkeiten integriert. Durch die Unterscheidung zwischen Tiefen- und Oberflächenmerkmalen als Antworteingabe kann damit nach Chi et al. (1981) untersucht werden, ob ein tieferes Verständnis der Aufgabenstellung vorliegt oder nur der Kontext extrahiert werden kann. Neben Lösungsansätzen mit Tiefen- und Oberflächenmerkmalen werden auch einige wenige Auswahlmöglichkeiten ergänzt, die in keinem Zusammenhang zu den Items stehen.

Ein Beispiel für ein Item aus dem überarbeiteten Wissensbereich Anwendungswissen ist in Abbildung 4 zu sehen. Das enthaltene Tiefenmerkmal bzw. der richtige Lösungsansatz zur Aufgabe wird durch „Energieerhaltung“ beschrieben. Als mögliche Oberflächenmerkmale sind in diesem Fall „Arbeit und Leistung“ oder „Impulserhaltung“ möglich. Die Sortierung gemeinsamer Lösungsansätze soll durch die begrenzte Anzahl an Auswahlmöglichkeiten für Lösungsansätze zumindest teilweise wie in der ersten Pilotierung erhalten bleiben. Durch die Änderung soll gleichzeitig der Schwierigkeitsgrad des Tests deutlich verringert werden um potentiell mehr Informationen im Bereich des Vorwissensniveaus der betreffenden Zielgruppe erheben zu können.

1. Aufgabe – Austrittsgeschwindigkeit von Elektronen

Beim lichtelektrischen Effekt werden Elektronen von Photonen aus Metall herausgelöst. Die Photonen mit einer Energie von 5 eV treffen auf eine Goldplatte. Die Austrittsarbeit beträgt dabei ungefähr 3.5 eV .

Aufgabenstellung. Berechnen Sie die Geschwindigkeit, mit der die Elektronen austreten.

(Sie brauchen diese Aufgabenstellung nicht tatsächlich zu lösen. Es geht nur um den Lösungsansatz, mit dem Sie die Aufgabe lösen würden!)

Abb. 5: Beispielitem „Austrittsgeschwindigkeit von Elektronen“ aus dem angepassten Testteil Anwendungswissen.

Weitere Anpassungen können anhand der Ergebnisse der Faktorenanalyse getroffen werden. Items mit besonders geringen Faktorladungen werden dabei identifiziert und inhaltlich sowie statistisch analysiert. Zusätzlich werden Items untersucht die auf den in 5.1. beschriebenen zusätzlichen vierten Faktoren laden.

Besonders auffällig sind die niedrigen Faktorladungen der Optik-Items aus dem Wissensbereich Faktenwissen. Diese unterscheiden sich retrospektiv betrachtet in der Art der Wissensabfrage von den Items aus den Inhaltsfeldern Mechanik und Elektrizitätslehre insofern, dass weniger physikalisches Faktenwissen als Konzeptverständnis abgefragt wird. Die Optik-Aufgaben im Bereich Faktenwissen werden daher insgesamt zu den Aufgaben aus der Mechanik und der Elektrizitätslehre vereinheitlicht, sodass diese untereinander eine bessere Passung haben.

Die Items aus dem Bereich Konzeptwissen liefern bei der Faktorenanalyse insgesamt gute Ergebnisse. Aus zeitökonomischen Gründen wird das Testinstrument in diesem Bereich jedoch um die statistisch und inhaltlich unpassendsten Items gekürzt.

6. Fazit

Die Ergebnisse der ersten Pilotierung liefern Aufschluss über die Anwendbarkeit des physikalischen Vorwissenstests aus dem ALSTER-Projekt (Binder, Sandmann et al., 2019) für die Zielgruppe der Studierenden mit Physik-Nebenfachveranstaltungen. Anhand der Auswertung kann der Test zielgruppengerecht adaptiert werden, ohne die zugrundeliegende theoretische Struktur des Instruments zu verändern.

In einer zweiten Pilotierung im Sommersemester 2022 wird das überarbeitete Testinstrument in der Lehrveranstaltung „Physik für Umwelt- und Bauingenieure“ getestet. Des Weiteren sollen erste Zusammenhänge der erzielten Testergebnisse mit den Noten der Modulabschlussprüfung exploriert werden.

7. Literatur

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Freie Universität Berlin, Berlin. <https://doi.org/10.17169/REFUBIUM-8615>
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. & Wittrock, M. C. (2001). A taxonomy for learning teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Addison Wesley Longman.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2018). Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung (15. Aufl.). Lehrbuch. Springer Gabler. <http://swbplus.bsz-bw.de/bsz50793413xcov.htm> <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56655-8>
- Bausch, I., Biehler, R., Bruder, R., Fischer, P. R., Hochmuth, R., Koepf, W., Schreiber, S. & Wassong, T. (2014). Mathematische Vor- und Brückenkurse. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-03065-0>
- Binder, T., Sandmann, A., Sures, B., Frieger, G., Theyssen, H. & Schmiemann, P. (2019). Assessing prior knowledge types as predictors of academic achievement in the introductory phase of biology and physics study programmes using logistic regression. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0189-9>
- Binder, T., Schmiemann, P. & Theyssen, H. (2019). Knowledge Acquisition of Biology and Physics University Students—the Role of Prior Knowledge. *Education Sciences*, 9(4), 281. <https://doi.org/10.3390/educsci9040281>
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 61–75. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0041-4>
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. & Glaser, R. (1981). Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices *Cognitive Science*, 5(2), 121–152. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0502_2
- Frieger, G. (2001). Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten- Novizen-Vergleichs. Studien zum Physiklernen: Bd. 19. Logos Verlag.
- Hailikari, T. (2009). *Assessing University Students' Prior Knowledge.: Implications for Theory and Practice* [Dissertation]. University of Helsinki, Helsinki.
- Hailikari, T., Nevgi, A. & Lindblom-Ylänne, S. (2007). EXPLORING ALTERNATIVE WAYS OF ASSESSING PRIOR KNOWLEDGE, ITS COMPONENTS AND THEIR RELATION TO STUDENT ACHIEVEMENT: A MATHEMATICS BASED CASE STUDY. *Studies in Educational Evaluation*, 33(3–4), 320–337. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2007.07.007>
- Hessisches Kultusministerium. (2016a). Bildungsstandards und Inhaltsfelder Physik: Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I. Gymnasium.
- Hessisches Kultusministerium. (2016b). Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe.
- Heublein, U., Richter, J. & Schmelzer, R. (2020). DZHW-Brief 03|2020 - Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. DZWH Brief(03).
- Heublein, U. & Schmelzer, R. (2018). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. DZWH Projektbericht.
- Kaiser, H. F. (1981). A Revised Measure of Sampling Adequacy for Factor-Analytic Data Matrices. *Educational and Psychological Measurement*, 41(2), 379–381. <https://doi.org/10.1177/0013164448104100216>
- Kaiser, H. F. & Rice, J. (1974). Little Jiffy, Mark Iv. *Educational and Psychological Measurement*, 34(1), 111–117. <https://doi.org/10.1177/0013164447403400115>
- Krause, F. & Reiners-Logothetidou, A. (1981). Kenntnisse und Fähigkeiten naturwissenschaftlich orientierter Studienanfänger in Physik und Mathematik. Die Ergebnisse des bundesweiten Studieneingangstests Physik 1978. Universität Bonn.

- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.). (2020).
Lehrbuch. Testtheorie und Fragebogenkonstruktion (3. Aufl.). Springer.
<http://www.springer.com/>
- Müller, J. (2018). Studienerfolg im Fach Physik: Zusammenhang zwischen Modellierungskompetenz und Studienerfolg [Dissertation].
Universität Duisburg-Essen.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft: Bd. 61. Kompetenzen von Studierenden (S. 55–79). Beltz Juventa.
- Saris, W. E. & Gallhofer, I. N. (2014). Design, Evaluation, and Analysis of Questionnaires for Survey Research (Second edition). John Wiley & Sons.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118634646>
<https://doi.org/10.1002/9781118634646>
- Streiner, D. L. (2003). Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. *Journal of personality assessment*, 80(1), 99–103.
https://doi.org/10.1207/S15327752JPA8001_18
- Werner, C. S. (2014). Explorative Faktorenanalyse: Einführung und Analyse mit R. Universität Zürich, Psychologisches Institut.
<https://www.psychologie.uzh.ch/>