

Analyse verschiedener Aspekte des Vorwissens in Physik von Physik- (Nebenfach)Studierenden

Motivation

Ein wesentlicher Grund, weshalb nach wie vor viele Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften ihr Studium abbrechen (Heublein et al., 2022), sind die aus studentischer Sicht hohen inhaltlichen Anforderungen (Albrecht et al., 2011). Besonders in Physik-Nebenfachveranstaltungen, die oft in den ersten Fachsemestern angesiedelt sind, zeigen sich in der Praxis niedrige Bestehensquoten. Dies könnte u.a. damit zusammenhängen, dass das Vorwissen der Nebenfachstudierenden bezüglich der physikalischen Inhalte (im Vergleich zu Physikstudierenden im Hauptfach) besonders heterogen ist (Sternal & Walliser, 2020). Vor diesem Hintergrund wurde für diese Zielgruppe der Nebenfachstudierenden an der TU Darmstadt ein Vorwissenstest entwickelt und in zwei Iterationsschleifen überarbeitet (Schmitt & Spatz, 2023). Basierend auf der Item-Response-Theorie (IRT) konnte die Testreliabilität und die Funktionsweise der Items überprüft werden. Der Test beinhaltet zum einen drei Wissensarten nach Hailikari et al. (2007): Das Faktenwissen, welches mittels Multiple-Choice-Aufgaben erhoben wird, das Konzeptwissen, das Freitext-Antworten von den Studierenden fordert und das Anwendungswissen, bei dem die Teilnehmenden Lösungsansätze für Rechenaufgaben identifizieren müssen. Im Unterschied zu anderen Vorwissenstests wie z. B. von Binder et al. (2019), sind in dem Test die drei Inhaltsfelder der Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik abgedeckt. Insgesamt umfasst der Test so 42 Aufgaben. Er erweist sich sowohl für eine Auswertung aufgeteilt nach den drei Wissensarten, als auch nach den Inhaltsfelder als statistisch reliabel.

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse einer Studie zum physikalischen Vorwissen von Studierenden an der TU Darmstadt dargestellt, bei der das entwickelte Testinstrument zum Einsatz kam. Das Ziel war hierbei, das inhaltspezifische, physikalische Vorwissen von Physik-Nebenfachstudierenden in unterschiedlichen Studiengängen mit dem Vorwissen von Studierenden im Eingangsemester des Bachelorstudiengangs Physik zu vergleichen.

Stichprobe und Datenerhebung

Insgesamt wurde die Erhebung in drei aufeinanderfolgenden Semestern, beginnend ab dem Wintersemester 2022/2023, durchgeführt (Physik-Hauptfachstudierende wurden nachträglich der Stichprobe hinzugefügt). Die Erhebung fand rein digital über die Plattform „SoSci-Survey“ statt (Leiner, 2024). In jeder der Veranstaltungen wurde das Vorwissen nur einmal innerhalb der jeweils ersten beiden Wochen zu Vorlesungsbeginn erhoben. Die Teilnahme am Vorwissenstest war unterschiedlich stark in die Veranstaltungen bzw. den zugehörigen Übungsbetrieb integriert. In einigen der Veranstaltungen konnten dadurch höhere Stichprobenzahlen erreicht werden, dass die Studierenden für die Teilnahme Bonuspunkte im Rahmen der Hausübungen erhielten. In anderen Veranstaltungen wurde die Teilnahme nicht durch Übungspunkte honoriert. Die Nebenfachveranstaltungen „Physik“ in den Studiengängen Biologie (N=52), Bau- und Umweltingenieurwesen (N=23), Chemie (N=24),

Elektrotechnik (N=234) und Maschinenbau (N=171), in denen erhoben wurde, unterscheiden sich durch die unterschiedliche Ansiedlung in den Verlaufsplänen (zwischen dem ersten und dritten Fachsemester) der jeweiligen Studiengänge. Die Erhebung mit Hauptfachstudierenden im Bachelorstudiengang Physik (N=125) erfolgte in der Lehrveranstaltung „Experimentalphysik I“, die im ersten Fachsemester angesetzt ist.

Auswertung und Ergebnisse

Die Grundlage der Datenauswertung wurde durch die IRT (Graded-Response-Modell nach Samejima, 1969) gesetzt, um die Rohdaten der Testergebnisse in Personenfähigkeiten innerhalb der verschiedenen Testteile zu transformieren. Als Maß für die Testreliabilität wurde daher die Personenreliabilität bestimmt (Liu, 2010). Es zeigte sich dabei sehr hohe innere Konsistenz für die Bereiche Mechanik (0.83) und Elektrizitätslehre (0.83) und eine hohe innere Konsistenz für den Bereich Optik (0.76) (vgl. Streiner, 2003).

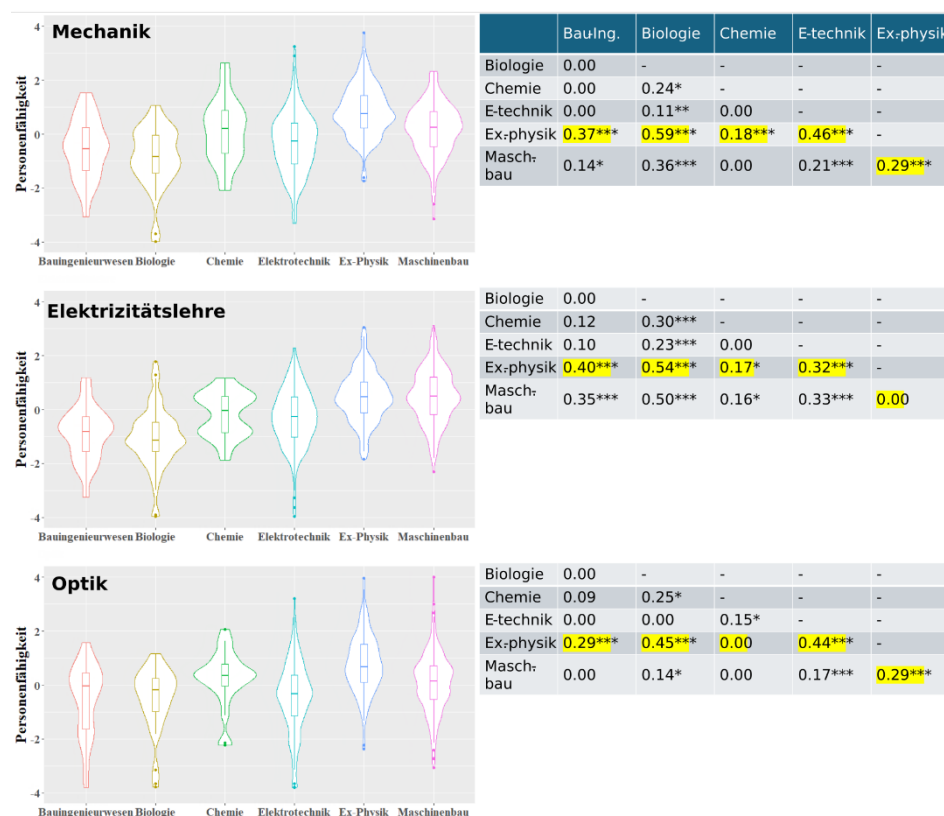


Abb. 1 (links): Violin-Plots der Personenfähigkeiten der Studierendengruppen.
(rechts): Effektstärken (Cohen's d) der paarweisen t-Tests zwischen den
Studierendengruppen (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$).

Die Ergebnisse der Erhebung, aufgeteilt nach den drei Inhaltsfeldern sind in Abbildung 1 (links) dargestellt. Es werden dabei Violin-Plots (Box-Plots mit Verteilungsfunktionen) der

einzelnen Gruppen für die berechneten Personenfähigkeiten aufgezeigt. Deskriptiv zeigen die Personenfähigkeiten der Gruppen bereits deutliche Unterschiede im Vorwissen. Die Studierenden der Biologie und des Bau- und Umweltingenieurwesens weisen die niedrigsten Personenfähigkeiten in allen Testteilen auf. In den Bereichen Mechanik und Elektrizitätslehre sind die Chemiestudierenden gleichauf mit den Studierenden der Elektrotechnik und des Maschinenbaus. Im Bereich Optik zeigen sich allerdings bessere Kenntnisse der Chemiestudierenden im Vergleich zu den Studierenden der Elektrotechnik und ähnliche Kenntnisse im Vergleich zu den Studierenden des Maschinenbaus. Im Vergleich der Nebenfächer schneiden insgesamt die Maschinenbaustudierenden in allen Inhaltsfeldern am besten ab. Die Studierenden des Hauptfachs Physik haben insbesondere in der Mechanik und Optik höhere Vorwissenstände als die Nebenfachstudierenden.

Die statistische Untersuchung der Gruppenunterschiede anhand paarweiser t-Tests und deren Effektstärken (Cohen's d) sind in Abbildung 1 (rechts) dargestellt. In den Bereichen Mechanik und Elektrizitätslehre zeigen sich höhere Effektstärken als im Bereich Optik. Dies gilt hauptsächlich für die Vergleiche unter den Nebenfachstudierenden, die in der Optik erheblich geringere Unterschiede mit Effektstärken zwischen 0.00 und 0.25* im Vorwissen aufzeigen als in den anderen Bereichen, wie z. B. in der Mechanik, mit Effektstärken bis zu 0.50*** (Vgl. zwischen Maschinenbau und Biologie). Zwischen den Hauptfachstudierenden und allen Gruppen der Nebenfachstudierenden sind die Unterschiede im Vorwissen aller Bereiche signifikant und zeigen schwache bis mittlere Effektstärken von 0.17* (Elektrizitätslehre im Vgl. zu Chemie) bis 0.59*** (Mechanik im Vgl. zu Biologie).

Bezüglich der deskriptiven Ergebnisse, die auf Grundlage der Violin-Plots aufgezeigt wurden, bestätigen die Signifikanztests den Vorwissens-Gradienten zwischen den Nebenfachstudierenden. Die Studierenden der Biologie zeigen hoch signifikante Unterschiede mit kleinen bis mittleren Effektstärken zu den Studierenden in anderen Nebenfachveranstaltungen. Die Effektstärken für die Studierenden des Bau- und Umweltingenieurwesens sind gering (0.10 bis 0.35***), was jedoch auf die kleine Stichprobengröße zurückzuführen sein kann. Studierende des Maschinenbaus besitzen signifikant höhere Personenfähigkeiten in fast allen Bereichen, gefolgt von den Chemiestudierenden mit vergleichbaren Fähigkeiten in Mechanik und Optik. Die Studierenden der Elektrotechnik zeigen leicht geringer ausgeprägte Personenfähigkeiten in Mechanik und Optik auf als Studierende der Chemie, haben allerdings ein besseres Vorwissen in der Elektrizitätslehre (0.23***).

Diskussion

Durch die Studie konnten Unterschiede im physikalischen Vorwissen zwischen verschiedenen Gruppen von Physik-Nebenfachstudierenden sowie auch zu Physik-Hauptfachstudierenden gezeigt werden. Obwohl einige der Stichprobengrößen nicht ausreichend sind um statistisch verlässliche Aussagen treffen zu können (v.a. in den Studiengängen Chemie sowie Bau- und Umweltingenieurwesen), ergaben sich klare Tendenzen.

Hinsichtlich der Relevanz des Vorwissens für den Studien- bzw. Klausurerfolg, die in der Mathematik, Physik, Biologie und Chemie im Hauptfach bereits untersucht wurde (vgl. Binder et al., 2017; Buschhüter et al., 2017; Freyer, 2013; Müller, 2018), ist zu vermuten, dass dieser Zusammenhang auch für die hier im Fokus stehende Gruppe von

Nebenfachstudierenden gilt. Folglich sollten die hier vorgestellten ersten Ergebnisse weiter untersucht werden und persektivisch bei der Konzeption von Unterstützungsmaßnahmen Berücksichtigung finden. Zum Beispiel könnten Vor- und Brückenkurse für die Physik angeboten werden, die auf das Vorwissen angepasste Lernangebote darstellen. Des Weiteren bieten die Ergebnisse der Studie den Verantwortlichen der jeweiligen Lehrveranstaltungen erste Anhaltspunkte, diese an die Stärken und Schwächen der adressierten Studierendengruppe anzupassen.

Literatur

- Albrecht, André, Nordmeier & Volkhard (2011). Ursachen des Studienabbruchs in Physik. Eine explorative Studie. *Die Hochschule: Journal für Wissenschaft und Bildung*(20, 2), 131–145.
- Binder, T., Sandmann, A., Sures, B., Friege, 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., Theyßen, H., Sures, B., Sandmann, A. & Schmiemann, P. (2017). Prädiktion von Klausurerfolg in Biologie und Physik. In C. Maurer (Vorsitz), *Jahrestagung*. Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Zürich.
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017). Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikalischer Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 127–141. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0062-7>
- Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss Von Studieneingangsvoraussetzungen Auf Den Studienerfolg Erstsemesterstudierender Im Fach Chemie. Studien Zum Physik- und Chemielernen Ser: v. 156*. Logos Verlag Berlin. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=5223914>
- 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>
- Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland*. https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF
- Leiner, D. J. (2024). *SoSci Survey (Version 3.5.01) [Computer software]*. <https://www.sosicisurvey.de>
- Liu, X. (2010). *Using and developing measurement instruments in science education: A Rasch modeling approach. Science and engineering education sources*. Information Age Pub.
- Müller, J. (2018). *Studienerfolg im Fach Physik: Zusammenhang zwischen Modellierungskompetenz und Studienerfolg* [Dissertation]. Universität Duisburg-Essen.
- Samejima, F. (1969). *Estimation of Latent Ability using a response Pattern of graded Scores. Psychometric Monograph: Bd. 17*. The William Byrd Press. <https://www.psychometricsociety.org/sites/main/files/file-attachments/mn17.pdf>
- Schmitt, K. & Spatz, V. (2023). Skalierung eines physikalischen Vorwissenstests für Physik-Nebenfachstudierende mittels Item-Response Theory. In H. van Vorst (Vorsitz), *Jahrestagung in Aachen 2022*. Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, RWTH Aachen.
- Sternal, O. & Walliser, N.-O. (2020). Physik-Vorkenntnisse von Studienanfängerinnen und –anfängern in MINT-Fächern. *die hochschullehre*(6), 103–118.
- 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