

Dennys Gahrman¹
Irene Neumann²
Andreas Borowski¹

¹Universität Potsdam
²IPN Kiel

Fachliches Vorwissen von Physikstudierenden: Vergleich von 2013 & 2023

Motivation

Hohe Abbruchquoten im Physikstudium werden in Deutschland seit vielen Jahren beobachtet. Aktuelle Abbruchquoten für das Physikstudium liegen bei rund 60 % (Heublein et al., 2022). Als eine zentrale Ursache gilt unzureichendes mathematisches und physikalisches Vorwissen, das den erfolgreichen Übergang in das Hochschulstudium erschwert (Albrecht, 2011). Aktuelle nationale und internationale Trendstudien, wie der Bildungstrend und die PISA-Ergebnisse, zeigen einen Rückgang mathematisch-naturwissenschaftlicher Kompetenzen in Deutschland (Lewalter et al., 2023; Stanat et al., 2025). Diese sinkenden Leistungen lassen die Hypothese zu, dass auch das Vorwissen von Studienanfänger*innen in Physik abnimmt – was wiederum höhere Abbruchquoten begünstigen dürfte. Diese Argumentation setzt jedoch voraus, dass sich das mathematische und physikalische Vorwissen der Studienanfänger*innen im Physik- bzw. Physiklehrstudium in ähnlicher Weise verändert hat wie die Leistungen der Schüler*innen in den Trendstudien. Die vorliegende Studie setzt hier an und untersucht, inwieweit sich das mathematische und physikalische Vorwissen von Studienanfänger*innen der Physik im Jahr 2023 vom Vorwissen der Kohorte aus dem Jahr 2013 unterscheidet.

Theorie

Nach der Theorie des schema-based learning werden neue Inhalte an bereits vorhandene Wissensstrukturen (Schemata) angeknüpft (Lee & Seel, 2012). Je mehr und je besser diese Schemata vernetzt sind, desto effizienter erfolgt die Integration neuen Wissens. In Physik zeigen empirische Studien einen Zusammenhang zwischen mathematischem und physikalischem Vorwissen und dem späteren Klausurerfolg, der als Indikator für Studienerfolg gilt (Buschhüter et al., 2016; Müller et al., 2018; Sorge et al., 2016; Woitkowski, 2019). Um Änderungen im relevanten Vorwissen von Studienanfänger*innen der Physik zu identifizieren, wurde bereits 2013 eine Studie durchgeführt (Buschhüter et al., 2016, 2017b, 2017a). Grundlage war der bundesweite Studieneingangstest von 1978 (Krause & Reiners-Logothetidou, 1979), der nach einer inhaltlichen Validierung erneut eingesetzt wurde (N = 39 Mathematikaufgaben, N = 34 Physikaufgaben). Es zeigte sich, dass die Kohorte von 1978 im Vergleich zur Kohorte von 2013 eine höhere Leistung in den Mathematikaufgaben ($d = -0.20$; „vernachlässigbarer Effekt“) und Physikaufgaben ($d = -0.53$; „mittlerer Effekt“) des Studieneingangstests (Buschhüter et al., 2016, 2017a) zeigten, allerdings ist davon auszugehen, dass sich insgesamt eher eine Verschiebung des Wissens in andere Bereiche, als ein insgesamtes Absinken der Leistungen, zeigt.

Ziel und Forschungsfrage

Zentrales Ziel des Projekts ist es, das Vorwissen von Studienanfänger*innen der Physik (im Wintersemester 2023/24) zu erfassen und mit bereits vorhandenen Ergebnissen (aus dem

Wintersemester 2013/14) zu vergleichen. Folgende Forschungsfrage soll im Rahmen des Projekts untersucht werden: Inwieweit veränderte sich das für ein Physikstudium relevante mathematische und physikalische Vorwissen zwischen 2013 und 2023?

Hypothese Aufgrund der in Trendstudien, wie PISA auf allgemeiner Ebene und der Studie von Buschhüter et al. physikspezifisch, erkennbaren Veränderungen ist von einem Absinken des Vorwissens der Kohorte von 2023 im Vergleich zur Kohorte 2013 auszugehen.

Design

Ablauf: Zu Beginn der Wintersemester 2013/14 und 2023/24 wurden Universitäten in ganz Deutschland gebeten, zu Studienbeginn (in der ersten oder zweiten Semesterwoche) einen einheitlichen Studieneingangstest mit ihren Studierenden im Fach Physik bzw. Physiklehramt durchzuführen. Die Auswertung erfolgte zunächst lokal durch die jeweiligen Fachgruppen anhand eines Manuals, codiert wurde „richtig“, „falsch“ oder „nicht beantwortet“. Zur Überprüfung der Bewertungsreliabilität wurden 10 % (mindestens zehn) der Testhefte pro Universität zusätzlich zentral von Expert*innen erneut codiert.

Stichproben: Beide Kohorten (2013 und 2023) werden als Zufallsstichproben behandelt. Teilgenommen haben jeweils Erstsemesterstudierende der Studiengänge Physik (B.Sc.) und Physiklehramt. Die Stichprobe von 2013 umfasst 2 251 Studierende aus 27 Universitäten, die Stichprobe von 2023 umfasst 2 007 Studierende aus 34 Universitäten.

Instrument: Zur Erfassung des fachlichen Vorwissens wurden 17 Mathematik- und 17 Physikaufgaben aus dem validierten Studieneingangstest von 2013 erneut eingesetzt. Die Auswahl der Aufgaben beruhte auf (a) einer curricularen Validierung auf Grundlage der Bildungsstandards und (b) einer Befragung von Physikdozierenden zur Relevanz einzelner Aufgaben für den Studienbeginn. Der Test erfasst überwiegend deklaratives Wissen. In der Mathematik werden vor allem Grundlagen, Analysis, Lineare Algebra und Analytische Geometrie abgedeckt, in der Physik insbesondere Mechanik sowie Teile der Thermodynamik und Elektrizitätslehre. Der Test erhebt keinen Anspruch auf psychometrische Skalierung, sondern soll vollständig bearbeitet werden können. Die internen Konsistenzen sind hoch (Mathematik: $\alpha = 0.83$, 95 % KI [0.82, 0.84]; Physik: $\alpha = 0.74$, 95 % KI [0.72, 0.76]). Die Übereinstimmung zwischen lokaler und zentraler Codierung ist ausgezeichnet (2013: $\kappa = 0.91$ (Mathe), 0.85 (Physik); 2023: $\kappa = 0.92$ (Mathe), 0.81 (Physik); zwischen 2013 und 2023: $\kappa = 0.95$ (Mathe), 0.93 (Physik)).

Ergebnisse

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, weist die Punktverteilung in Mathematik eine linksschiefe Form mit $Md = 12$ auf (A), während sie in Physik rechtsschief ist ($Md = 5$ bzw. 6, (B)). Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests zeigten in Mathematik und Physik signifikante Unterschiede zwischen den Kohorten 2013 und 2023 zugunsten der Kohorte 2023 (Mathematik: $z = -3.38$, $p < .001$, $d = 0.10$, 95 % KI [0.04, 0.16]; Physik: $z = -6.62$, $p < .001$, $d = 0.21$, 95 % KI [0.15, 0.27]). Die Kohortenunterschiede beruhen jeweils auf vier Mathematik- und vier Physikaufgaben (siehe Abb. 1 (C), bzw. (D)), die von der Kohorte aus 2023 im Mittel häufiger richtig gelöst wurde. In der Mathematik handelt es sich beispielsweise um eine Aufgabe zum Berechnen eines einfachen bestimmten Integrals, bei der grundlegende Rechenfertigkeiten und das Verständnis des Integrationsbegriffs geprüft werden, sowie um eine Aufgabe zum Skizzieren des Graphen einer quadratischen Funktion, die das Verständnis der Funktionsform

und der Nullstellenverläufe erfordert. In der Physik handelt es sich beispielsweise um eine Aufgabe zum Zeichnen eines Stromkreises, anhand der erklärt werden soll, wie die Stromstärke gemessen wird, sowie eine Aufgabe zum Beschreiben des Induktionsvorgangs, bei der grundlegende Konzepte der elektromagnetischen Induktion abgefragt werden.

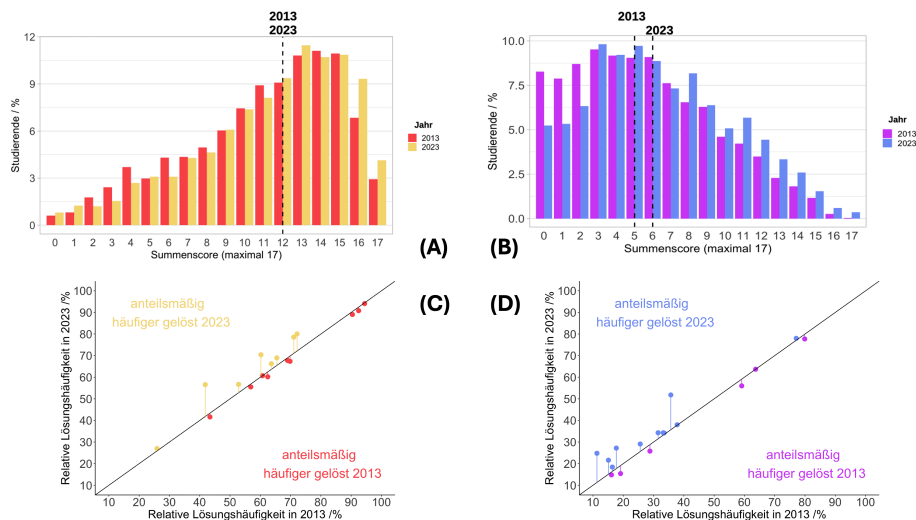


Abb. 1: Verteilungen der erreichten Punkte (A: Mathematik, B: Physik) und Scatterplots der relativen Lösungshäufigkeiten (C: Mathematik, D: Physik) für die Kohorten 2013 und 2023.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen statistisch signifikante, wenn auch kleine Unterschiede im mathematischen und physikalischen Vorwissen der Physik-Studienanfänger*innen aus den Kohorten 2013 und 2023 – entgegen der Hypothese zugunsten der Kohorte von 2023. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Buschhüter et al. (Vergleich 1978–2013) deutet sich damit ein etwas anderer Trend an: Die Kohorte von 2023 erzielte in beiden Bereichen im Mittel gleich hohe oder leicht höhere Punktwerte als jene von 2013. Es ist zu bedenken, dass die beobachteten Unterschiede im Wesentlichen auf Leistungsunterschieden in vier Mathematik- und vier Physikaufgaben beruhen, was die Interpretation einer Veränderung limitiert.

Obwohl die Effektstärken nach Cohen mit $d = 0.10$ in Mathematik und $d = 0.21$ in Physik als sehr klein gelten (Cohen, 1988), können sie aus bildungswissenschaftlicher Sicht dennoch bedeutsam sein. Ein solcher Unterschied entspricht etwa einem Lernfortschritt von einem halben bis einem Schuljahr in der neunten Klasse (Yeager et al., 2019). Unklar bleibt jedoch, wie diese Effektstärken inhaltlich zu deuten sind. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um zu klären, inwieweit die Kohorte von 2023 tatsächlich über mehr Vorwissen verfügt und dadurch möglicherweise einen höheren Klausurerfolg erzielen kann.

Vor dem Hintergrund der teilweise abweichenden Befunde im Vergleich zur Studie von Buschhüter et al. und der praktischen Relevanz für die universitäre Lehre erscheint ein kontinuierliches bundesweites Monitoring des mathematischen und physikalischen Vorwissens sinnvoll.

Literatur

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik.
- 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>
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017a). Physics knowledge of first semester physics students in Germany: A comparison of 1978 and 2013 cohorts. *International Journal of Science Education*, 39(9), 1109–1132. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1318457>
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017b). 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>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. DZHW Brief. https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF
- Krause, F. & Reiners-Logothetidou, A. (1979). Der bundesweite Studieneingangstest Physik 1978. *Physik Journal*, 35(11), 495–510. <https://doi.org/10.1002/phbl.19790351103>
- Lee, J. & Seel, N. M. (2012). Schema-based learning. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 2946–2949). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_1663
- Lewalter, D., Diedrich, J., Goldhammer, F., Köller, O. & Reiss, K. (Eds) (2023). *PISA 2022: Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland*. Waxmann Verlag GmbH. <https://doi.org/10.31244/9783830998488>
- Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M. & Fischer, H. E. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 183–199. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0082-y>
- Sorge, S., Petersen, S. & Neumann, K. (2016). Die Bedeutung der Studierfähigkeit für den Studienerfolg im 1. Semester in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 165–180. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0048-x>
- Stanat, P., Schipolowski, S., Gentrup, S., Sachse, K. A., Weirich, S. & Henschel, S. (Eds) (2025). *IQB-Bildungstrend 2024: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der 9. Jahrgangsstufe im dritten Ländervergleich*. Waxmann.
- Woitkowski, D. (2019). Erfolgreicher Wissenserwerb im ersten Semester Physik: Analyse mithilfe eines Niveaumodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 97–114. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00094-7>
- Yeager, D. S., Hanselman, P., Walton, G. M., Murray, J. S., Crosnoe, R., Muller, C., Tipton, E., Schneider, B., Hulleman, C. S., Hinojosa, C. P., Paunesku, D., Romero, C., Flint, K., Roberts, A., Trott, J., Iachan, R., Buontempo, J., Yang, S. M., Carvalho, C. M., ... Dweck, C. S. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. *Nature*, 573(7774), 364–369. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1466-y>