

## **Auswertung inhaltlicher Besonderheiten im Vorwissen von Physik- Nebenfachstudierenden**

### **Motivation**

Die Untersuchung von Studienabbruchzahlen in natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen zeigt seit Jahren gleichbleibend hohe Ergebnisse (Heublein et al., 2022). Besonders die Studieneingangsphase scheint Studierende vor inhaltliche Herausforderungen zu stellen (Albrecht et al., 2011). Zurückzuführen ist dies unter anderem auf die mangelnde Passung zwischen den aus dem sekundären Bildungsweg erworbenen Fähigkeiten der Studienanfänger:innen und den Erwartungen zu Beginn des Studiums (Rach & Heinze, 2014). Im Hinblick auf Forschungsarbeiten zum Studienerfolg erweist sich die Abiturdurchschnittsnote als der valideste Einzelprädiktor (vgl. Aeverbeck et al., 2016; Sorge et al., 2016; Trapmann et al., 2007). Bezüglich möglicher Unterstützungsmaßnahmen, kann auf diese nach dem Abschluss jedoch keinen Einfluss mehr genommen werden. Um dennoch sowohl Studierende zu unterstützen als auch Dozierenden die Lernausgangslage der Studierenden offenzulegen, bietet sich die Untersuchung des fachspezifischen Vorwissens an. Jüngste Forschungsergebnisse zeigen für dieses ebenfalls prognostische Validität für den Studien- und Klausurerfolg auf (Binder et al., 2019; Freyer et al., 2014; Müller et al., 2018; Trump & Borowski, 2016). Dabei ist auffällig, dass das mathematische Vorwissen besonders häufig Gegenstand der Forschung in natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen ist (Buschhüter et al., 2016, 2017; Müller et al., 2016; Rach & Ufer, 2020; Uhden, 2012). Gerade in natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen, die Physik-Lehrveranstaltungen meist zu Beginn des Studiums im Curriculum vorsehen, lassen sich in der Praxis oft hohe Misserfolgsquoten verzeichnen. Um diese Problemlage handzuhaben, werden die Studierenden dieser Lehrveranstaltungen, im Folgenden „Physik-Nebenfachstudierende“, in der hier beschriebenen Studie auf ihr physikalisches Vorwissen untersucht.

Ein Ziel der Forschungsarbeit ist es, das physikalische Vorwissen möglichst differenziert anhand von verschiedenen physikalischen Inhalten und Wissensarten (Hailikari, 2009) zu beschreiben. In diesem Beitrag stehen hauptsächlich die Unterschiede im physikalischen Vorwissen zu den abgefragten Inhalten im Fokus.

### **Datenerhebung**

Die Erhebung der Daten fand zu Beginn des Wintersemesters 2022/2023 und des Sommersemesters 2023 rein digital über die Plattform „SoSci-Survey“ als Teil der Hausübung in der ersten Vorlesungswoche statt. Auf Grund der unterschiedlichen Handhabung der Dozierenden bezüglich der Vergabe von Bonuspunkten für die Teilnahme am Vorwissenstest, sind die Teilstichproben stark unterschiedlich. Insgesamt nahmen Physik-Nebenfachstudierende aus fünf Physik-Lehrveranstaltungen teil: „Physik für Maschinenbau“ (N = 163), „Physik für Chemiestudierende“ (N = 23), die für das dritte Fachsemester vorgesehen ist, „Physik für Biologiestudierende“ (N = 45), „Physik für Elektrotechnik“ (N = 218), die für das erste Fachsemester vorgesehen ist und „Physik für Umwelt- und Bauingenieurwesen“ (N = 21), die für das zweite Fachsemester vorgesehen sind.

Der Vorwissenstest besteht aus drei übergeordneten Testteilen, die unterschiedliche Frageformate enthalten und deklaratives oder prozedurales Wissen abfragen (Schmitt & Spatz, 2022). Die Testteile teilen sich nach drei von vier Wissensarten nach Hailikari (2009) auf:

„Faktenwissen“ (Multiple-Choice), „Konzeptwissen“ (Freitext-Antworten) und „Anwendungswissen“ (Auswahl – Drop-down). Zudem können die Fragen anhand ihrer physikalischen Inhalte aufgeteilt werden: Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik. Die Reliabilitätsprüfung nach zweimaliger Pilotierung und Überarbeitungen zeigt die folgenden Werte für die Personenreliabilität (analog zu Cronbach's Alpha) aufgeteilt nach Inhalten: Mechanik = .83, Elektrizitätslehre = .84, Optik = .73. Aufgeteilt nach Wissensbereichen ergeben sich die Werte: Faktenwissen = .78, Konzeptwissen = .81, Anwendungswissen = .71. Alle Werte zeigen mittlere bis gute interne Konsistenz der Aufgaben. Für die statistische Auswertung werden die erhobenen Daten mit einem zweiparametrischen Rasch-Modell ausgewertet. Die im Folgenden angegebenen Werten sind die Mittelwerte der Personenfähigkeiten, die anhand berechneter Item-Schwierigkeiten ermittelt wurden. Ein Wert von 0 beschreibt dabei die Lösungswahrscheinlichkeit einer Aufgabe von 50%. Niedrigere/höhere Werte bedeuten niedrigere/höhere Lösungswahrscheinlichkeiten der Aufgaben.

### Deskriptive Ergebnisse

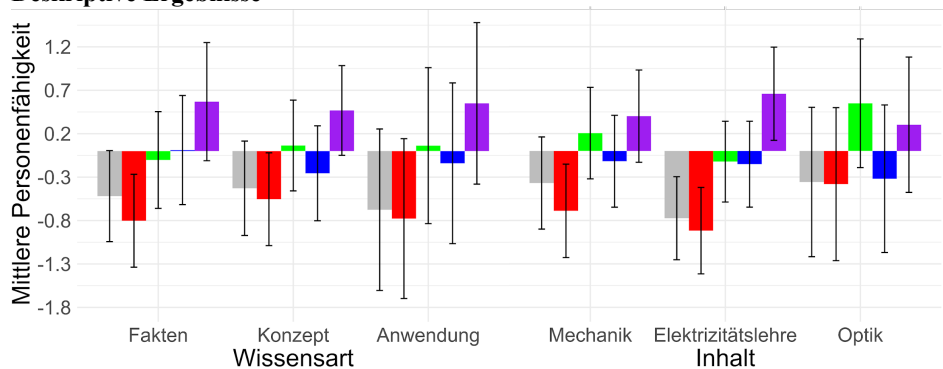


Abb. 1: Balkendiagramme der mittleren Personenfähigkeiten mit Standardabweichungen aufgeteilt nach den verschiedenen Lehrveranstaltungen: Grau: Umwelt- und Bauingenieurwesen; Rot: Biologie; Grün: Chemie; Blau: Elektrotechnik; Violett: Maschinenbau. Links: Getrennt nach Wissensarten; Rechts: Getrennt nach Inhalten.

In Abb. 1 sind die Werte der Studierenden aus den verschiedenen Lehrveranstaltungen in einem Balkendiagramm dargestellt. Sowohl die Analyse getrennt nach Wissensarten als auch nach Inhalten zeigt, dass die Teilnehmenden der Biologie (rot) und Umwelt- und Bauingenieurwesen (grau), die niedrigsten Personenfähigkeiten im physikalischen Vorwissen besitzen. Die höchsten Personenfähigkeiten erzielen die beiden Gruppen im Bereich Optik mit den Mittelwerten  $M_{\text{Bio-Optik}} = -0.38$ ,  $SD = 0.88$  (Biologie) und  $M_{\text{Bau-Optik}} = -0.35$ ,  $SD = 0.86$  (Umwelt- und Bauingenieurwesen). Studierende der Chemie und der Elektrotechnik zeigen mittlere Personenfähigkeiten um den Wert 0 für alle Aufteilungen, auf. Eine Ausnahme ist der Bereich Optik bei der Gruppe der Chemiestudierenden ( $M_{\text{Chem-Optik}} = 0.55$ ,  $SD = 0.74$ ). Die höchsten Personenfähigkeiten zeigen die Teilnehmenden der Maschinenbauveranstaltung mit dem niedrigsten Wert  $M_{\text{Masch-Optik}} = 0.30$ ,  $SD = 0.78$  im Bereich Optik und dem höchsten  $M_{\text{Masch-Elehere}} = 0.66$ ,  $SD = 0.54$  im Bereich Elektrizitätslehre. Auffällig ist bei der Aufteilung nach Wissensarten, dass alle Gruppen, außer die der Biologie, im Konzeptwissen die niedrigsten, gruppeninternen, mittleren Personenfähigkeiten aufzeigen.

### Statistische Ergebnisse

In diesem Teil werden nur die Ergebnisse aufgeteilt nach den drei Inhalten Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik betrachtet. Dafür wurde eine mehrfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit der abhängigen Variable „Personenfähigkeit“ durchgeführt. Neben der

unabhängigen Variable „Lehrveranstaltung“ (LV) wurden die drei Kontrollvariablen: „Abiturnote“ (HZB – 0.5 Notenschritte), „Geschlecht“ (G – männlich und weiblich) und „Hochschulsemester“ (HSS – unter drei, unter sechs und unter neun) in die Varianzanalyse mit einbezogen. Die entsprechenden F-Werte mit Signifikanzen (\* : p-Wert < 0.1; \*\* : p-Wert < 0.05; \*\*\* : p-Wert < 0.01) und die dazugehörigen Effektstärken anhand partiellem Eta-Quadrat (< 0.1: kleiner; < 0.6 mittlerer; < 0.14 starker Effekt) sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

*Tabelle 1: Ergebnisse der Varianzanalyse, aufgeteilt nach Inhalten, mit der abhängigen Variable „Personenfähigkeit“ und den unabhängigen Variablen: „Veranstaltung“ (LV), „Abiturnote“ (HZB), „Geschlecht“ (G) und „Hochschulsemester“ (HSS).*

	df	Mechanik		Elektrizitätslehre		Optik	
		F-Wert	Partiel. Eta <sup>2</sup>	F-Wert	Partiel. Eta <sup>2</sup>	F-Wert	Partiel. Eta <sup>2</sup>
Veranstaltung (LV)	4	14.29***	0.11	35.66***	0.23	6.80***	0.05
Abiturnote (HZB)	5	14.05***	0.13	10.25***	0.10	6.87***	0.07
Geschlecht (G)	1	19.15***	0.04	11.78***	0.02	9.73**	0.02
Semester (HSS)	2	0.94	0.00	6.03**	0.02	0.52	0.00

Der größte Effekt tritt bei der Variable LV im Bereich Elektrizitätslehre ( $F(4, 473) = 14.29$ ,  $p < .001$ ) mit einer Varianzaufklärung von 23% auf. Im Bereich Mechanik zeigt die Variable einen mittleren ( $F(4, 473) = 14.29$ ,  $p < .001$ ) und im Bereich Optik einen schwachen Effekt ( $F(4, 473) = 6.80$ ,  $p < .001$ ). Die Unterscheidung nach Abiturnoten zeigt in allen Inhaltsbereichen mittlere Effekte (Mechanik:  $F(5, 472) = 14.05$ ;  $F(5, 472) = 10.25$ ;  $F(5, 472) = 6.87$ ,  $p < .001$ ). Für die Variable Geschlecht ergeben sich signifikante Unterschiede mit schwachen Effekten in allen Bereichen (Mechanik:  $F(1, 476) = 19.15$ ,  $p < 0.01$ ;  $F(1, 476) = 11.78$ ,  $p < 0.01$ ;  $F(1, 476) = 9.73$ ,  $p < .005$ ).

Ein Post-Hoc-Test (Tukey-HSD) zeigt für die Lehrveranstaltung Biologie in allen drei Inhalten signifikante Unterschiede zu Gunsten der mittleren Personenfähigkeiten der anderen Veranstaltungen. Männliche Teilnehmende mit solche mit guten Abiturnoten im Bereich von 1.0-1.5 zeigen signifikant höhere mittlere Personenfähigkeiten in allen drei Inhalten im Vergleich mit den anderen Gruppen.

## Diskussion

Sowohl die deskriptiven Ergebnisse als auch die der Varianzanalyse zeigen deutliche Unterschiede im physikalischen Vorwissen der Studierenden unterschiedlicher Lehrveranstaltungen. Zusätzlich konnte repliziert werden, dass die Abiturdurchschnittsnote ein Indikator für vorhandene fachliche Kompetenzen angesehen werden kann, besonders im Bereich sehr guter Notendurchschnitte.

Für die Praxis ergeben sich vor allem Anwendungsmöglichkeiten in Bezug auf die Ergebnisse beim Vergleich unterschiedlicher Lehrveranstaltungen. Dozierende, die in der Regel dem Fachbereich Physik angehören, können anhand der Daten bereits vor Beginn der Veranstaltung inhaltliche Anpassungen vornehmen. So kann z.B. bei Teilnehmenden der „Physik für Biologiestudierende“ Veranstaltung berücksichtigt werden, dass diese im Durchschnitt erheblich viel weniger physikalisches Vorwissen besitzen als Teilnehmende der „Physik für Maschinenbau“ Veranstaltung. Weiterhin kann dies dabei helfen realistische Anforderungen an die Studierenden zu stellen. Eine weitere Anwendung, die bereits an der TU Darmstadt eingesetzt wird, sind, auf die Bedarfe der Studierenden, angepasste Vor- und Begleitkurse. Diese sollen den Studierenden ermöglichen den Eingangsvoraussetzungen der Veranstaltungen gerecht zu werden und das oft heterogen verteilte Vorwissen anzupassen.

### Literaturverzeichnis

- Albrecht, André, Nordmeier & Volkhard (2011). Ursachen des Studienabbruchs in Physik. Eine explorative Studie. *Die Hochschule: Journal für Wissenschaft und Bildung*(20, 2), 131–145.
- Averbeck, D., Fleischer, J., Sumfleth, E., Leutner, D. & Brand, M. (2016). Analyse chemischen Fachwissens und dessen Einfluss auf Studienerfolg. In C. Maurer (Vorsitz), *Jahrestagung*. Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), Zürich.
- 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>
- 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. (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., Epple, M., Brand, M., Schiebener, J. & Sumfleth, E. (2014). Studienerfolgsprognose bei Erstsemesterstudierenden in Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 129–142. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0015-3>
- Hailikari, T. (2009). *Assessing University Students' Prior Knowledge.: Implications for Theory and Practice* [Dissertation]. University of Helsinki, Helsinki.
- Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland*. [https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW\\_BRIEF](https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF)
- Müller, J., Dammann, E., Fischer, H. E., Lang, M., Borowski, A., Lorke, A. & Menkenhagen, J. (2016). Physikalisch-mathematische Modellierung in der Physik und im Bauingenieurwesen als Prädiktor für Studienerfolg. In Christian Maurer (Vorsitz), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016*. Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- 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>
- Rach, S. & Heinze, A. (2014). Individuelle Bedingungsfaktoren für den Studienerfolg im ersten Semester des Mathematikstudiums. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014: Vorträge auf der 48. Tagung für Didaktik der Mathematik - Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. 03. 2014 bis 14.03. 2014 in Koblenz* (S. 935–938). WTM, Verl. für Wiss. Texte und Medien.
- Rach, S. & Ufer, S. (2020). Which Prior Mathematical Knowledge Is Necessary for Study Success in the University Study Entrance Phase? Results on a New Model of Knowledge Levels Based on a Reanalysis of Data from Existing Studies. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 6(3), 375–403. <https://doi.org/10.1007/s40753-020-00112-x>
- Schmitt, K. & Spatz, V. (2022). Physikalisches Vorwissen in Physik-Nebenfachveranstaltungen. In H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik Beiträge zur virtuelle DPG-Frühjahrstagung 2022*.
- 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>
- Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S. & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs - eine Metaanalyse | Dieser Beitrag entstand im Kontext des Projekts "Eignungsdiagnostische Auswahl von Studierenden", das im Rahmen des Aktionsprogramms "StudierendenAuswahl" des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft und der Landesstiftung Baden-Württemberg durchgeführt wird. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 21(1), 11–27. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.21.1.11>
- Trump, S. & Borowski, A. (2016). Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II - Wie und Welche? In Sascha Bernholt (Vorsitz), *Jahrestagung GDGP 2015*. Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), Bremen.
- Uhden, O. (2012). *Mathematisches Denken im Physikunterricht: Theorieentwicklung und Problemanalyse*. Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Fak. Mathematik und Naturwiss., Diss., 2012. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 133*. Logos-Verl.