

Dennys Gahrman<sup>1</sup>  
Irene Neumann<sup>2</sup>  
Andreas Borowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Potsdam  
<sup>2</sup> IPN Kiel

## Leistungsdispositionen zum Physikstudienbeginn

Das fachspezifische Vorwissen ist einer der wichtigsten Prädiktoren für den Erfolg zu Studienbeginn und im Verlauf des Studiums (z. B. Rach & Heinze, 2017). Insbesondere im Physikstudium zeigt sich das mathematische und physikalische Vorwissen als prädiktiv für den Studienerfolg (z. B. Buschhüter, Spoden & Borowski, 2016). Um das Vorwissen der Studierenden zu erheben und geeignete Unterstützungsangebote anbieten zu können, werden an einigen Hochschulen Studieneingangstests durchgeführt (z. B. Sorge, Petersen, Neumann, 2016). Die Konstruktion von Studieneingangstests wird hauptsächlich von Hochschullehrenden der Studieneingangsphase vorgenommen, da sie über eine hohe Expertise verfügen, Leistungsdispositionen zu definieren, die für einen erfolgreichen Studienstart relevant sind. Als fachliche Leistungsdispositionen definieren wir an dieser Stelle Wissen, Fertigkeiten, Fähigkeiten (nach Schulz, 2010) und Kompetenzen (nach Weinert, 2002). Sie unterscheidet, inwieweit sich eine Person kognitiv mit der Aufgabe auseinandersetzen muss und wie die Aufgabe konstruiert ist.

Eingangstests für Physikstudierende fokussieren häufig auf die Mathematik, dabei oft vor allem Rechenfähigkeiten (vgl. Heinze, Neumann, Ufer, Rach, Borowski, Buschhüter, Greefrath, Halverscheid, Kürten, Pustelnik, & Sommerhoff, 2020; Buschhüter et al., 2016; Müller, Stender, Fleischer, Borowski, Ammann, Lang, Fischer, 2018) und legen den Schwerpunkt auf mathematisch grundlegende Inhalte (Heinze et al., 2020).

Für die curriculare Validität der Eingangstests ist zu berücksichtigen, dass die Aufgaben meistens von Studierenden bearbeitet werden, die direkt nach der Schule ein Physikstudium aufnehmen und somit über die fachlichen Leistungsdispositionen verfügen, die in den aktuellen Bildungsstandards (KMK, 2012; KMK, 2020) abgebildet sind. Wie oben beschrieben werden die meisten Studieneingangstests aus Sicht der Hochschulen konstruiert, deswegen ist die curriculare Passung der Aufgaben grundsätzlich wichtig zu überprüfen, insbesondere vor dem Hintergrund der Neuerungen in den Bildungsstandards. Darüber hinaus stellten Heinze et al. (2020) fest, dass verschiedene Studieneingangstests nur einen kleinen Teil der verschiedenen Wissensniveaus, bzw. Komplexitäten abdecken und somit nur einen begrenzten Einblick in das Wissen der Studierenden in der Studieneingangsphase ermöglichen. Rach und Ufer (2020) zeigten, dass Aufgaben höherer Komplexität prädiktiver sind als solche, geringerer Komplexität. Ein breiteres Abdecken der Komplexitäten von Aufgaben in Studieneingangstests scheint daher sinnvoll. Für eine Beschreibung der Komplexität wird in Übereinstimmung mit dem zugrundeliegenden Modell der Kritik von Heinze et al. (2020) Komplexität definiert über die Komplexitätsstufen des KUM-Modells (Knowledge of Undergraduate Mathematics) nach Rach und Ufer (2020). Das Modell differenziert vier Stufen von Wissen, welche isomorph als Schwierigkeitsgrad zu definieren sind. Für die Konstruktion der Stufen, siehe ebd. Die vier Stufen (sog. „KUM-Stufen“) des Modells beziehen sich auf die fünf Inhaltsbereiche Analysis, Infinitesimalrechnung, Lineare Algebra, Analytische Geometrie und Logik. Die Voraussetzungen des Wissens für die vier Stufen sind aufsteigend charakterisiert als „vorhandenes Faktenwissen und

Routinefertigkeiten“ (z. B. Ableiten einer Polynomfunktion), „grundlegende, konzeptionelle Kenntnisse von mathematischen Konzepten, bei denen kein Darstellungswechsel erforderlich ist“ (z. B. das Finden von fünf irrationalen Zahlen aus den reellen Zahlen), „Flexibles konzeptuelles Wissen“ (z. B. Bestimmen einer Funktionsgleichung aus verschiedenen Eigenschaften eines Funktionsgraphen) und „Flexibles, konzeptuelles Wissen inklusive formaler Notation“ (z. B. Nutzung der Limes-Schreibweise) (Rach et al., 2021).

Im Gegensatz zu mathematischen Vorkenntnissen angehender Mathematikstudierender ist nur wenig erforscht, welche Leistungsdispositionen von Physik- oder auch Mathematikaufgaben adressiert werden müssen, um aus Sicht von Hochschuldozierenden relevant für den erfolgreichen Studienstart in Physik zu sein.

Welche Leistungsdispositionen seitens Physik-Hochschuldozierender sowohl im Bereich Mathematik als auch Physik von Physikstudienanfänger\*innen erwartet werden, ist ein Forschungsdesiderat.

Die Diskrepanz zwischen dem Status Quo der Studieneingangstests einerseits und den Neuerungen der Bildungsstandards und Forderungen aus den Fächern andererseits, eröffnet zwei Forschungsfragen, die in diesem Beitrag beantwortet werden sollen:

- Inwieweit werden Mathematikaufgaben verschiedener Komplexität als wichtig für einen erfolgreichen Start ins Studium angesehen?
- Inwieweit werden Aufgaben unterschiedlicher fachlicher Leistungsdispositionen in der Physik als wichtig für einen erfolgreichen Start ins Studium angesehen?

### **Methodik**

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden zuerst Mathematik- und Physikaufgaben aus verschiedenen etablierten und validierten Instrumenten entnommen (z. B. Beichner, 1994; Bao, Cai, Koenig, Fang, Han, Wang, Liu, Ding, Cui, Luo, Wand, Li & Wu, 2009). Aus diesen wurden in einem ersten Schritt  $N = 151/92$  Mathematik-/ Physikaufgaben ausgewählt. Die umfangreiche Aufgabenauswahl wurde von  $N = 3$  Rater\*innen bezüglich der aktuellen curricularen Vorgaben (Bildungsstandards, KMK, 2012 & 2020) ausgewählt (hohe Übereinstimmung,  $\kappa = .68/.64$ ) und die Mathematikaufgaben entsprechend des KUM-Modells eingeschätzt. Bei Unstimmigkeit wurde in einem Konsensverfahren entschieden. Der curricular valide Aufgabenpool umfasst somit insgesamt  $N = 68/61$  Mathematik-/ Physikaufgaben.

In zwei Online-Umfragetools, an denen  $N = 84/22$  Hochschuldozierende der Studieneingangsphase teilnahmen, wurden die Mathematik-/ Physikaufgaben zufällig sortiert und durch die Dozierenden bezüglich der Relevanz für einen erfolgreichen Start in ein Physikstudium auf einer sechsstufigen bipolaren Likert-Skala eingeschätzt. Die Likert-Skala wurde dann zur Auswertung dichotom umkodiert (Einschätzung  $>4$  bedeutet Zustimmung eines Dozierenden zu einer Aufgabe).

Die überwiegende Mehrheit der Hochschuldozierenden zeigte eine hohe Expertise, da die meisten Dozierenden angaben, bereits mehr als drei Jahre zu lehren und mehr als dreimal im ersten Semester gelehrt zu haben.

### Ergebnisse und kritische Einordnung

Allgemein zeigt sich für die Mathematikaufgaben, dass viele der curricular validen Aufgaben von den Dozierenden als relevant eingeschätzt werden. Von 50 % der Dozierenden werden circa 72 % der curricular validen Mathematikaufgaben relevant angesehen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Mathematikaufgaben für die Erfassung von Leistungsdispositionen in der Studieneingangsphase sehr gut geeignet sind.

Die Physikaufgaben werden im Gegensatz dazu als weniger relevant für den erfolgreichen Start in ein Physikstudium angesehen, nur 26 % von 50 % der Dozierenden. Dies zeigt aus Sicht der Dozierenden eine geringe Notwendigkeit physikalischen Vorwissens.

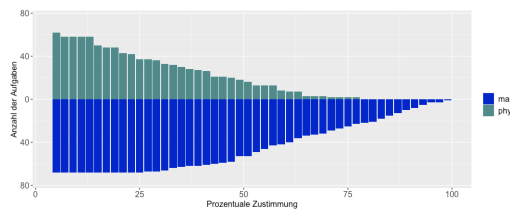


Abb. 1 Gegenüberstellung der Aufgabenanzahl von Mathematik- und Physikaufgaben bezüglich der prozentualen Zustimmung der Hochschuldozierenden

In der folgenden, nach den Komplexitätsstufen differenzierten, prozentualen Darstellung zeigen sich Unterschiede in der Relevanz der Mathematikaufgaben aus Sicht der Hochschuldozierenden. Diese Ergebnisse dienen der Beantwortung der ersten Forschungsfrage.

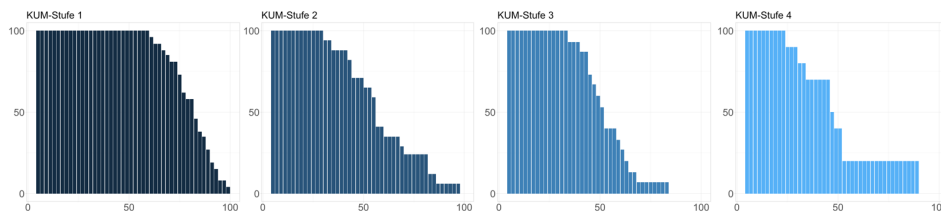


Abb. 2. Darstellung des prozentualen Anteils der Aufgaben in Abhängigkeit der prozentualen Zustimmung der Hochschuldozierenden für die vier Komplexitätsstufen

Mathematikaufgaben aller KUM-Stufen werden als relevant angesehen, jedoch tendenziell mehr Aufgaben der KUM-Stufe 1. 83 % der Dozierenden geben an, dass mindestens eine Aufgabe aller KUM-Stufen relevant ist. Die als am relevantesten eingeschätzten Physikaufgaben sind vor allem kompetenzorientierte Aufgaben und adressieren zum Beispiel Scientific Reasoning (z. B. Auswahl der Experimentieranordnung zur Untersuchung der Vermutung der Masseabhängigkeit eines Fadenpendels) und Diagrammkompetenz (z. B. Auswahl eines Diagramms zur Beschreibung einer Bewegungsform). Die weniger relevanten Physikaufgaben adressieren (Fakten-)Wissen, bzw. Routinen im Rechnen. 75 % der N = 20 relevantesten Physikaufgaben sind kompetenzorientierte Physikaufgaben.

Bisher eingesetzte Tests für Physikstudierende sollten vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse betrachtet und ggf. angepasst werden.

## Literatur

- Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., Liu, Q., Ding, L., Cui, L., Luo, Y., Wang, Y., Li, L. & Wu, N. (2009). Learning and Scientific Reasoning. *Science* 323 (5914), 586.
- Beichner, R. (1994) Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*. 62 (8), 750
- 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>
- Heinze, A., Neumann, I., Ufer, S., Rach, S., Borowski, A., Buschhüter, D., Greefrath, G., Halverscheid, S., Kürten, R., Pustelnik, K. & Sommerhoff, D. (2020). Mathematische Kenntnisse in der Studieneingangsphase – Was messen unsere Tests? In A. Frank, S. Krauss & K. Binder (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2019: Bd. 53. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*. (Vol. 1 Münster Aufl., S. 345–348). Beltz Verlag.
- KMK (2012). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- KMK (2020). *Bildungsstandards für das Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M., and Fischer, H. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24:183–199.
- Rach, S. & Heinze, A. (2017). The Transition from School to University in Mathematics: Which Influence Do School-Related Variables Have? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(7), 1343–1363. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9744-8>
- Rach, S., Sommerhoff, D. & Ufer, S. (2021). KUM/MOAS: Technical Report - Knowledge for University Mathematics (KUM) and Mathematics Online Assessment System (MOAS). *Munich Center of the Learning Sciences: MCLS Reports, Nr. 1*.
- Rach, S. & Ufer, S. (2020). Welches Wissen brauchen Mathematikstudierende für einen erfolgreichen Studieneinstieg? Eine Reanalyse von Daten aus mehreren Studieneingangsbefragungen.
- Schulz, A. (2010). Ergebnisorientierung als Chance für den Mathematikunterricht. *Beiträge zum Mathematikunterricht*.
- Sorge, S., Petersen, S., & Neumann, K. (2016). Die Bedeutung der Studierfähigkeit für den Studienerfolg im 1. Semester in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–16.
- Weinert, F. (2002). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. *Leistungsmessungen in Schulen, 17-32 (2001)*.