

Heike Theyßen<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>2</sup>  
 Kai Cardinal<sup>1</sup>  
 Julia-Marie Franken<sup>1</sup>  
 Philipp Schmiemann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Universität Potsdam

## **Wissensarten und Studienerfolg**

### **Vorstellung einer Interventionsstudie in den Fächern Biologie und Physik**

#### **Hintergrund**

Viele Studierende, insbesondere der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften beenden ihr Studium vorzeitig (Heublein & Schmelzer, 2018). Die komplexen Ursachen des Studienabbruchs werden in allgemeinen Studienerfolgsmodellen systematisiert (z. B. Blüthmann et al., 2008). Allerdings beruhen diese Modelle in der Regel auf korrelativen Zusammenhängen und erlauben damit keine Aussagen über kausale Zusammenhänge von Prädiktoren mit Studienerfolg. Zudem sind sie nur bedingt geeignet, fachspezifische Maßnahmen zur Förderung von Studienerfolg abzuleiten.

Die bisher nicht sehr umfangreichen Befunde für deutsche Studierende der Fächer Biologie und Physik deuten darauf hin, dass insbesondere das fachspezifische Wissen prädiktiv für den Studienerfolg ist. So lassen sich in Physik 45 % der Notenvarianz der zentralen Abschlussklausur im ersten Semester durch die Leistung in einem Vorwissenstest sowie die Abiturnote und die letzte Physiknote aufklären (Sorge et al., 2016). Werden das physikalische Wissen und die Rechenfähigkeit betrachtet, so lässt sich 44 % Varianz der Studienleistung im dritten Semester sowie der Studienverbleib durch entsprechende Wissenstests im ersten Semester auflösen (Buschhüter et al., 2017). In Biologie erklären die Abiturnote, das Wunschfach, das fachspezifische Wissen zu Studienbeginn und die Fähigkeitsüberzeugungen zu 56 % den Studienerfolg (gemessen als gemittelte Klausurnoten; Schachtschneider, 2015, S. 158). Als einzelner Prädiktor erklärt das biologische Wissen zu Studienbeginn etwa 16 % der Erfolgsvarianz.

Allerdings erscheint eine differenzierte Betrachtung des Wissens in diesem Zusammenhang sinnvoll. Gemäß dem Modell von Hailikari, Nevgi und Lindblom-Ylänne (2007) können vier Wissensarten unterschieden werden, von denen nur einzelne und zwischen den Fächern unterschiedliche Wissensarten den Klausurerfolg in Biologie und Physik in der Studieneingangsphase prädizieren (Binder et al., 2019). Unter den vier Wissensarten erweist sich in Biologie nur das Konzeptverständnis als prädiktiv für den Klausurerfolg (Binder et al., 2019). Im Fach Physik kommt neben dem Konzeptverständnis mit fast gleichem Anteil noch die Wissensanwendung als Prädiktor hinzu (ebenda). Die zusätzliche Vorhersagekraft der Wissensanwendung kann in Physik vermutlich durch die Anforderung, fachspezifische Problemlöseaufgaben zu bearbeiten, erklärt werden. Dabei spielt neben dem Finden eines geeigneten Lösungsansatzes auch die Rechenfähigkeit eine Rolle, denn die Aufgaben verlangen i. d. R. das Aufstellen und Umformen von Gleichungen mit physikalischen Größen sowie das Einsetzen und Berechnen von Werten. Die hohe Bedeutung der Rechenfähigkeit für das Physikstudium konnte wiederholt bestätigt werden (z. B. Buschhüter et al., 2016; Müller et al., 2018; Woitkowski, 2019) und stellt einen weiteren Unterschied zur Biologie dar.

### Zielsetzung und Forschungsfragen

Vor dem oben beschriebenen Hintergrund verfolgt das Projekt EASTER (Einfluss der Förderung spezifischer Wissensarten auf Studienerfolg in Biologie und Physik) die übergeordnete Zielsetzung, aufbauend auf bestehenden Erkenntnissen zu Studienerfolgsprädiktoren in den Fächern Biologie und Physik ...

... fachspezifische Unterstützungsangebote zur Förderung von Studienerfolg abzuleiten und auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen sowie in diesem Zuge

... die bisher nur als Korrelationen nachgewiesenen Zusammenhänge experimentell auf Kausalität zu prüfen, indem die als prädiktiv identifizierten Wissensarten gezielt gefördert werden.

Damit verbunden sind die folgenden Forschungsfragen:

- Fördermaßnahmen und Studienerfolg: Wie wirkt sich eine Fördermaßnahme für Konzeptverständnis bzw. für Wissensanwendung auf den Studienerfolg in Biologie bzw. Physik aus?
- Fördermaßnahmen und Wissenszuwachs: Wie entwickelt sich das Wissen der Studierenden in den adressierten Wissensarten (Konzeptverständnis bzw. Wissensanwendung) durch die spezifischen Fördermaßnahmen bzw. ohne Fördermaßnahme?
- Wissenszuwachs und Studienerfolg: Inwieweit hängt der potenzielle Zuwachs im Studienerfolg durch eine spezifische Fördermaßnahme mit einem potenziellen Zuwachs in der adressierten Wissensart zusammen?

### Studiendesign

Entsprechend der übergeordneten Zielsetzung werden Interventionen entwickelt, um die jeweiligen Wissensarten gezielt zu fördern. Diese werden kontrastierend in verschiedenen Gruppen eingesetzt. Die Lernwirksamkeit der Interventionen, insb. bezüglich der adressierten Wissensarten, wird mit einem Pre-Posttest-Design erhoben. Der Studienerfolg wird über die Klausurergebnisse am Ende des ersten Semesters erhoben. Eine Kontrollgruppe dient der Abgrenzung der Effekte gegenüber einer reinen Testwiederholung in Verbindung mit dem „regulären“ Studium. Tabelle 1 zeigt das Studiendesign. Die Studie wird in Biologie und Physik parallel durchgeführt. Zielgruppe sind Studierende des ersten Fachsemesters.

Tabelle 1. Studiendesign und Ablauf der Hauptstudie

Vorlesungswoche	Maßnahmen der Hauptstudie		
2-3	Messzeitpunkt 1: Erhebung Wissensarten (pre), Kontrollvariablen		
4-8	Kontrollgruppe	Intervention Konzeptverständnis	Intervention Wissensanwendung
9	Messzeitpunkt 2: Erhebung Wissensarten (post)		
10-15	keine Intervention		
16 +	Messzeitpunkt 3: Erhebung Studienerfolg		

### Interventionen

Die Interventionen werden in Biologie und Physik soweit möglich parallel aufgebaut. Die fachspezifischen Konzepte und Problemlöseaufgaben orientieren sich an den Inhalten des ersten Fachsemesters und den Basiskonzepten der Bildungsstandards für die gymnasiale

Oberstufe (KMK, 2020a; KMK 2020b). Geeignete Methoden zur Förderung der Wissensarten wurden anhand vorliegender empirischer Befunde identifiziert.

Für die Förderung des Konzeptverständnisses werden Begriffsnetze (Concept Maps; Novak & Gowin, 1984) eingesetzt. Sie können Konzeptverständnis fördern, da sie visualisieren, wie Konzepte Inhalte organisieren (Mandl & Fischer, 2000) und konzeptuelles Wissen in präziser visueller Form repräsentieren (Martinez et al., 2013). Pro Konzept wird ein Begriffsnetz erarbeitet. Diese Erarbeitung orientiert sich am Basismodell Konzeptbildern nach Oser (z. B. Krabbe & Fischer, 2020). Zunächst wird das Konzept, z. B. Oberflächenvergrößerung in der Biologie, in Beispielkontexten vorgestellt und die zugehörige Wissensstruktur wird in einem Begriffsnetz visualisiert. Dann werden die charakteristischen Merkmale des Konzeptes herausgearbeitet, deren Relationen im Begriffsnetz dargestellt und zu einer Definition des Konzepts verallgemeinert. Zum aktiven Umgang und Transfer wird das Konzept mit Hilfe des Begriffsnetzes auf weitere Beispiele angewandt und so in andere Kontexte übertragen. Dabei wird das Begriffsnetz sukzessive erweitert.

Zur Förderung der Wissensanwendung werden Lösungsbeispiele (worked examples; Atkinson et al., 2000) zu fachspezifischen Problemlöseaufgaben eingesetzt. Diese haben sich für den Erwerb fachspezifischer Problemlösefähigkeiten insb. in hochstrukturierten Domänen als geeignet erwiesen (z.B. Atkinson et al., 2000; Koenen et al., 2016). Die Strukturierung der Lösungsbeispiele folgt dem Modell des wissenszentrierten Problemlösens von Friege (2001) und dem mathematischen Modellierungskreislauf nach Trump (2015). Auf die Problemrepräsentation, die die Wiedergabe der Aufgabe und die Visualisierung durch eine Skizze umfasst, folgt die Auswahl eines geeigneten allgemeinen Lösungsansatzes, z. B. Anwendung des Impulserhaltungssatzes in der Physik, der auf die konkrete physikalische Situation angepasst wird. Daran schließt die Ausarbeitung der Lösung an, die in der Physik in der Regel das mathematische Arbeiten beinhaltet, sowie die Evaluation der Lösung.

In der Ausgestaltung beider Interventionen werden zudem empirisch fundierte Empfehlungen umgesetzt; darunter die Einforderung von Selbsterklärungen verbunden mit schrittweisem „fading“ der Erklärungen über mehrere Problemlöseaufgaben bzw. Begriffsnetze hinweg (z. B. Atkinson et al., 2000; Hardy & Stadelhofer, 2006).

### **Ausblick**

Die Interventionsmaterialien werden im Wintersemester 2022/23 pilotiert, bevor im Wintersemester 2023/24 optimierte Materialien in den Interventionen der Hauptstudie zum Einsatz kommen. Der erwartete Ertrag der Studie besteht neben Erkenntnissen bezüglich der Kausalität vorliegender korrelativer Zusammenhänge zwischen Wissensarten und Studienerfolg auch in erprobtem, lernwirksamem Material zur gezielten Förderung relevanter Wissensarten in der Studieneingangsphase Biologie und Physik.

Das Projekt EASTER wird durch das BMBF unter den Förderkennzeichen 01PX21015A und 01PX21015B gefördert. Die Verantwortung für den Beitrag liegt bei den Autor:innen.

## Literatur

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A. & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, 70 (2), 181–214.
- 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).
- Blüthmann, I., Lepa, S. & Thiel, F. (2008). Studienabbruch und -wechsel in den neuen Bachelorstudiengängen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 11 (3), 406–429.
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 61–75.
- 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.
- Friege, 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*. Berlin: Logos.
- 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.
- Hardy, I. & Stadelhofer, B. (2006). Concept Maps wirkungsvoll als Strukturierungshilfen einsetzen: Welche Rolle spielt die Selbstkonstruktion? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20 (3), 175–187.
- Heublein, U. & Schmelzer, R. (2018). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Berechnungen auf Basis des Absolventenjahrgangs 2016. Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW).
- KMK (2020a). Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife. Carl Link.
- KMK (2020b). Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Carl Link.
- Koenen, J., Emden, M. & Sumfleth, E. (Hrsg.) (2016). *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung. Ganz In – Materialien für die Praxis*. Münster: Waxmann.
- Krabbe, H & Fischer, H. E. (2020). Gestaltung von Unterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik. Grundlagen* (S. 117-151). Springer Spektrum.
- Mandl, H. & Fischer, F. (2000). Mapping-Techniken und Begriffsnetze in Lern- und Kooperationsprozessen. In H. Mandl & F. Fischer (Hrsg.), *Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mapping-Techniken* (S. 3-12). Hogrefe.
- Martínez, G., Pérez, Á. L., Suero, M. I. & Pardo, P. J. (2013). The Effectiveness of Concept Maps in Teaching Physics Concepts Applied to Engineering Education: Experimental Comparison of the Amount of Learning Achieved With and Without Concept Maps. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), 204–214.
- 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.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Schachtschneider, Y. (2015). *Studieneingangsvoraussetzungen und Studienerfolg im Fach Biologie*. Universität Duisburg-Essen, Essen.
- 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.
- Trump, S. (2015). *Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II!?. Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät Universität Potsdam*.
- Woitkowski, D. (2019). Erfolgreicher Wissenserwerb im ersten Semester Physik: Analyse mithilfe eines Niveaumodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25 (1), 97-114.