

Joachim Müller¹
 Elmar Dammann¹
 Hans E. Fischer¹
 Martin Lang¹
 Andreas Borowski²
 Axel Lorke¹
 Jochen Menkenhagen¹

¹Universität Duisburg-Essen
²Universität Potsdam

Physikalisch-mathematische Modellierung in der Physik und im Bauingenieurwesen als Prädiktor für Studienerfolg

Hintergrund

Um die hohe Abbruch- (36%) und Wechselquote (26%) im Studienfach Physik (Heublein, Schmelzer, Sommer & Wank, 2008) und die bundesweite Abbruchquote von 47% im Bauingenieurwesen (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2012) erklären zu können, soll Studienerfolg in den Studiengängen Physik und Bauingenieurwesen im ersten Studienjahr durch fachliche, soziale und demographische Variablen beschrieben werden. Studienerfolg wird durch den Verbleib im Studium definiert und über den fachlichen Wissenszuwachs und die Klausurnote erfasst. Die Untersuchung wird im Rahmen der DFG-Forschergruppe ALSTER (Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen) durchgeführt.

Für die erfolgreiche Bewältigung eines Studiums der Physik und des Bauingenieurwesens müssen Studierende dieser Studiengänge bereits am Anfang ihres Studiums, beispielsweise in den Grundlagenveranstaltungen *Grundlagen der Physik* (Studiengang Physik) und *Technische Mechanik* (Studiengang Bauingenieurwesen), grundlegende mathematische und physikalische Fähigkeiten erwerben. Der Zusammenhang zwischen Mathematik und diesen beiden Fächern wird deshalb als eine Variable für Studienerfolg gesehen. Mathematik wird in beiden Studiengängen in separaten Lehrveranstaltungen auf eine spezifische, mathematische Weise gelehrt, innerhalb der Grundlagenveranstaltungen hat die Mathematik aber einen fachspezifischen Charakter. Die besondere Rolle der Mathematik für die Physik wird deutlich, indem sie als „Mittel zur Beschreibung von Welt“ (Prediger 2009) und als eine Grundlage der physikalischen Methodik und Erkenntnisgewinnung zu sehen ist (bspw. Pospiech, 2009). Physikalische Prozesse werden mit mathematischen Methoden modelliert, um Phänomene zu beschreiben, Untersuchungen zu designen und um Abläufe und Ergebnisse physikalischer Prozesse zu prognostizieren (bspw. Angell, Kind, Henriksen, & Guttersrud, 2008).

Nach ersten curricularen Analysen von Klausuren in beiden Grundlagenveranstaltungen wird angenommen, dass Studierende der Physik und des Bauingenieurwesens dann erfolgreich sind, wenn es ihnen gelingt, gegebene fachliche Modelle in mathematische Modelle sowie mathematische Modelle in mathematische Ergebnisse zu überführen und diese Ergebnisse fachlich zu interpretieren und zu bewerten. Wir nehmen an, dass Studierende, die diese Fähigkeiten im ersten Studienjahr entwickeln können, im Studium erfolgreich sind. Die genannten Schritte der Aufgabenbearbeitung lassen sich nach Borromeo-Ferri, Grünewald und Kaiser (2013) als mathematische bzw. physikalisch-mathematische Modellierung in folgende Teilkompetenzen operationalisieren:

- die Kompetenz zum Aufstellen eines mathematischen Modells aus einem Realmodell,
- die Kompetenz zur Interpretation mathematischer Resultate in der Realität und
- die Kompetenz zur Validierung des Ergebnisses.

Sie werden als Teile einer globalen Modellierungskompetenz gesehen, die als die Fähigkeit beschrieben werden kann, „Prozessschritte problemadäquat ausführen zu können sowie gegebene Modelle analysieren und vergleichen zu können“ (Blum, 2007).

Trump (2015) spezifiziert den von Blum in Anlehnung an Pollak (1979) genannten „Rest der Welt“ als Ausgangs- und Zielpunkt des Modellierungskreislaufs, mit Inhaltsbereichen der Physik. Damit entsteht ein Modell zur physikalisch-mathematischen Modellierung (siehe Abb. 1), das den Anforderungen Blums zur mathematischen Modellierung genügt, jedoch auf den Inhaltsbereich der Physik und des Bauingenieurwesens bezogen werden kann.

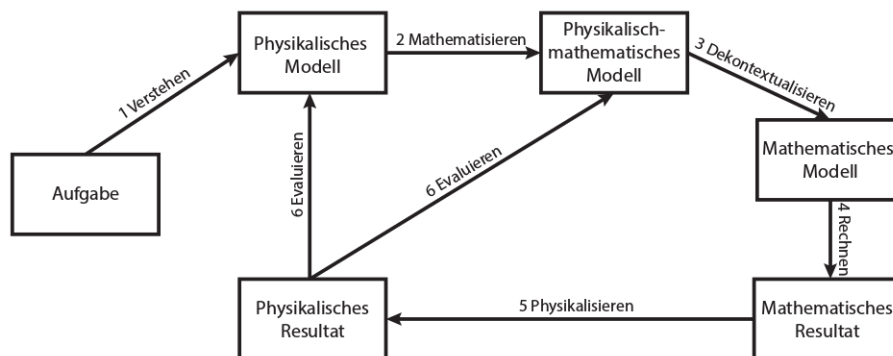


Abb.1: Modell der physikalisch-mathematischen Modellierung angepasst von Trump (2015)

Dieses Modell umfasst die Prozessschritte 1) Verstehen, 2) Mathematisieren, 3) Dekontextualisieren, 4) Rechnen, 5) Physikalisieren und 6) Evaluieren. Für die von uns fokussierten Grundlagenveranstaltungen müssen Studierende vor allem für die Bewältigung der Schritte 2, 3, 4, 5 und 6 Fähigkeiten entwickeln, wobei unsere curricularen Analysen zeigen, dass in den entsprechenden Klausuren die Schritte 5 und 6 nur sehr selten explizit gefordert sind.

Methoden

Die untersuchte Stichprobe umfasst Studierende der Physik und des Bauingenieurwesens an der Universität Duisburg-Essen im ersten Studienjahr. Wir betrachten die oben beschriebenen Fähigkeiten und Eigenschaften der Studierenden in einer längsschnittlichen Studie und setzen dafür fachspezifische und psychologische Testinstrumente zu drei Messzeitpunkten vor und nach dem ersten Semester (WiSe 2016/17) und nach dem zweiten Semester (SoSe 2017) ein. Im Wintersemester 2015/16 werden unsere entwickelten Testinstrumente pilotiert. Die erwartete Anfangsstichprobe liegt für die Physik bei etwa 180 und für das Bauingenieurwesen bei etwa 300 Studierenden.

Es werden ein fachspezifischer Wissenstest, ein fachspezifischer Modellierungstest und ein Rechentest entwickelt. Die Modellierungstests umfassen Items zu den oben beschriebenen Schritten 2, 3, 5 und 6. Schritt 4 wird separat im Rechentest operationalisiert. Für die Entwicklung der Items in den Modellierungstests wurden in dieser Untersuchung Operatoren entwickelt. Diese Operatoren beschreiben die jeweiligen, für die Bewältigung der Items benötigten Fähigkeiten und konnten den Modellierungsschritten in Tab. 1 zugeordnet werden.

Schritt im Modell	Operatoren zur Aufgabenkonstruktion
2 Mathematisieren	(A) Identifizieren eines phys. Konzeptes in einer Situation

3 Dekontextualisieren	(B) Aufstellen von mathematischen Gleichungen auf Basis fachspezifischer Konzepte
5 Physikalizieren	(C) Erkennen von fachspezifischen Zusammenhängen in einer mathematischen Struktur, (D) Interpretation von Graphen, (E) Interpretation einer Gleichung (z. B. als Messvorschrift)
6 Evaluieren	(F) Ziehen von Schlussfolgerungen aus fachspezifischen Ergebnissen

Tab.1: Operatoren zur Entwicklung von Items für den Modellierungstest

Schritt 1 des Modellierungskreislaufs wird in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt, da er in den Grundlagenveranstaltungen nicht explizit curricular verankert ist.

Als psychologische Merkmale werden das metakognitive Wissen, das Wissen über Lernstrategien, das akademisches Selbstkonzept, die allgemeine Lern- und Studienmotivation, die Erwartungen an das Studienfach und das fachliche Interesse erhoben. Wir vermuten, dass sowohl diese außerfachlichen Determinanten als auch das fachspezifische Vorwissen und die fachspezifische, physikalisch-mathematische Modellierungsfähigkeit Prädiktoren für Studienerfolg sind.

Literatur

- Angell, C., Kind P.M., Henriksen, E.K. & Gutterud, Ø. (2008). An empirical-mathematical modelling approach to upper secondary physics. 2008 Phys. Educ. Vol. 43. <http://iopscience.iop.org/0031-9120/43/3/001> Zugegriffen: 11.10.2015.
- Blum, W. (2007). Mathematisches Modellieren – zu schwer für Schüler und Lehrer? In: Beiträge zum Mathematikunterricht. www.mathematik.tu-dortmund.de/ieem/ Zugegriffen: 11.10.2015.
- Borromeo-Ferri, R., Grünwald, S. & Kaiser, G. (2013). Effekte kurzzeitiger Interventionen auf die Entwicklung von Modellierungskompetenzen. In: Borromeo-Ferri R., Greefrath, G. & Kaiser, G. (Hrsg.) (2013). Mathematisches Modellieren für Schule und Hochschule. (S. 41–56). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Heublein, U., Schmelzer, R., Sommer, D., & Wank, J. (2008). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Hannover: HIS GmbH.
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010. Hannover: HIS GmbH.
- Pollak, H. (1979). The Interaction between Mathematics and Other School Subjects. In: UNESCO (Hrsg.): New Trends in Mathematics Teaching IV. (S. 232 – 248). Paris.
- Pospiech, G. (2009). Die Rolle der Mathematik im Physikunterricht der Sekundarstufe I. In: D. Höttecke, Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. (S.164 - 166). Berlin: LIT-Verlag.
- Prediger, S. (2010). „Aber wie sag ich es mathematisch?“ – Empirische Befunde und Konsequenzen zum Lernen von Mathematik als Mittel zur Beschreibung von Welt. In: D. Höttecke (Hrsg.): Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Jahrestagung in Dresden 2009. (S. 6-20). Berlin: LIT-Verlag.
- Trump, S. (vor. 2015). Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II !? Eine systematische Analyse zur notwendigen Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II sowie eine Benennung notwendiger mathematischer Fertigkeiten für einen flexiblen Umgang mit Mathematik beim Lösen physikalisch-mathematischer Probleme im Rahmen der Schul- und Hochschulbildung. Berlin: Logos.