

Studentische Vorgehensweisen bei der Bearbeitung von Rechenaufgaben

Die Bearbeitung von Rechenaufgaben (RA) stellt Studierende in physikalischen und mathematischen Schritten vor Herausforderungen (z. B. Brandenburger, Mikelskis-Seifert & Labudde, 2014; Woitkowski & Reinhold, 2018). Es liegt deshalb nahe, dass Maßnahmen zur Unterstützung der Studierenden zum erfolgreicherem und eigenständigerem Bearbeiten von RA ergriffen werden sollten. Wie solche Maßnahmen ausgestaltet sein müssten, ist jedoch weitgehend unklar. Unter der Annahme, dass erfolgreiche Lernprozesse eng an aktuell vorliegende Fähigkeiten und Fertigkeiten gekoppelt sind (z. B. Widodo & Duit, 2004; Schecker et al., 2018), ist zunächst zentral, die individuellen Bearbeitungsprozesse genauer zu betrachten, um adaptive Förderansätze ableiten zu können. Im Rahmen des Projekts sollen daher, unter dem übergeordneten Ziel der Ableitung von Förderansätzen zur erfolgreichen Bearbeitung von RA, Vorgehensweisen und Schwierigkeiten Studierender entlang verschiedener Lösungsabschnitte (vgl. Blum & Leiß, 2005; Pólya & Conway, 1985) explorativ untersucht werden:

FF1: Wie gehen Studierende beim Lösen von RA in einzelnen Lösungsabschnitten vor und welche Schwierigkeiten treten dabei auf?

Aus der Problemlöseforschung liegen bereits Befunde zu möglichen Zusammenhängen zwischen dem Löseerfolg und dem Fachwissen in Physik und Mathematik, der Fähigkeit zur Auswahl von Lösungsansätzen, der Intelligenz, dem Vernetzungsgrad von Wissen sowie einigen weiteren Personenmerkmalen vor (z. B. Brandenburger, 2016; Friege, 2001; Friege & Lind, 2004). Hierbei hat sich beispielsweise das physikalische Fachwissen in Kombination mit der Fähigkeit zur Auswahl von Lösungsansätzen als starker Prädiktor für den Löseerfolg erwiesen (Friege & Lind, 2004). Die Identifikation von Lösungsansätzen lässt sich somit als eine Schlüsselstelle im Bearbeitungsprozess vermuten, sodass diese genauer betrachtet werden soll:

FF2: Inwiefern gelingt es Studierenden Lösungsansätze für RA zu identifizieren und welche Schwierigkeiten treten dabei auf?

Die o. g. Untersuchungen auf dem Gebiet der Problemlöseforschung liefern Aussagen über das *Ergebnis* des Bearbeitungsprozesses. In Bezug auf Bearbeitungs*prozesse* finden sich in der Forschung bislang primär Beschreibungen von Vorgehensweisen, Strategien und Schwierigkeiten beim Bearbeiten von RA (z. B. Kipman, 2018; Pusch, 2014; Tuminaro, 2004), aber kaum Analysen von möglichen Zusammenhängen des Auftretens dieser mit den Fähigkeiten und Fertigkeiten der Anwender*innen. Hierdurch wären jedoch Rückschlüsse darauf möglich, ob bestimmte Personengruppen im Bearbeitungsprozess unterschiedlich vorgehen, und ob sie häufiger mit bestimmten Schwierigkeiten konfrontiert werden. Aus diesem Grund sollen diese Zusammenhänge zusätzlich genauer analysiert werden:

FF3: Inwiefern bestehen Zusammenhänge zwischen bestimmten Personenmerkmalen und dem Vorgehen der Studierenden in einzelnen Abschnitten des Bearbeitungsprozesses sowie dabei auftretenden Schwierigkeiten?

Neben der Berücksichtigung von Personenmerkmalen für die Ableitung von Förderansätzen scheint es ertragreich, auch Aufgabenmerkmale einzubeziehen, da RA üblicherweise nur eine eingeschränkte Anzahl an Variationen im Lösungsvorgehen erlauben und somit Potentiale für diverse Schwierigkeiten eröffnen können. Somit ist zu erwarten, dass das Vorgehen von Studierenden bei der Bearbeitung von RA und dabei auftretende Hürden nicht nur von Personenmerkmalen, sondern auch von Aufgabenmerkmalen beeinflusst werden kann:

FF4: Inwiefern bestehen Zusammenhänge zwischen bestimmten Aufgabenmerkmalen und dem Vorgehen der Studierenden in einzelnen Abschnitten des Bearbeitungsprozesses (insb. beim Identifizieren von Lösungsansätzen) sowie dabei auftretenden Schwierigkeiten?

Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen ist in die folgenden drei Teile gegliedert: Erhebung von *Personenmerkmalen* (Teil I), Erhebung von Vorgehensweisen und auftretenden Schwierigkeiten beim *Identifizieren von Lösungsansätzen* (Teil II) sowie Erhebung von Vorgehensweisen und auftretenden Schwierigkeiten in vollständigen *Bearbeitungsprozessen* (Teil III). In den Teilen II & III sollen *Aufgabenmerkmale* von RA systematisch variiert werden, um Zusammenhänge dieser Variation mit Vorgehensweisen und Schwierigkeiten zu untersuchen. Die Erhebungen sollen mit Studierenden zu Beginn des Studiums (1., 3. & 5. Semester) durchgeführt werden, um vor allem Hinweise für die Konstruktion von Fördermaßnahmen zu Studienbeginn ableiten zu können. Aus demselben Grund wird als Themengebiet die Mechanik gewählt, die die erste Thematik des Physikstudiums an der Justus-Liebig-Universität Gießen darstellt. Das geplante methodische Vorgehen in den einzelnen Teilen wird im Folgenden genauer ausgeführt.

Teil I: Erhebung von Personenmerkmalen

Zur Erhebung der Personenmerkmale soll ein durch die Adaption bereits bestehender Testinstrumente erstellter Papier- und Bleistift-Test eingesetzt werden. Dieser soll

- das Mechanikverständnis der Studierenden in einem Ordered Multiple Choice-Format inkl. einiger offener Aufgaben (vgl. Just & v. Aufschnaiter, 2019),
- die Fähigkeit zur Durchführung mathematischer Operationen,
- die Intelligenz der Studierenden (Heller & Perleth, Subskala N2) sowie
- die Selbsteinschätzung der Studierenden bzgl. dem Bearbeiten von RA (vgl. Dickhäuser et al., 2002) erfassen.

Teil II: Erhebung von Vorgehensweisen und auftretenden Schwierigkeiten beim Identifizieren von Lösungsansätzen

Im zweiten Teil der Erhebung soll auf den Bearbeitungsschritt der Identifikation von Lösungsansätzen fokussiert werden. Hierfür sollen die Studierenden 31 RA in Einzelarbeit nach ähnlichem Lösungsvorgehen gruppieren und dabei entstehende Stapel nach dem Lösungsvorgehen schlagwortartig benennen (vgl. Chi, Feltovich & Glaser, 1981; Friege & Lind, 2004; Graulich & Bhattacharyya, 2017). Die RA werden dabei schrittweise in Umschlägen hereingegeben. RA innerhalb eines Umschlages sind in ihrer Oberflächenstruktur identisch (gleicher Kontexttyp: Flugaufgabe vs. Rutschaufgabe, gleiche Bewegungsrichtung: vertikal vs. horizontal & vertikal, gleiche Bewegungsform: konstante Geschwindigkeit vs. beschleunigte Bewegung), um zu erwartende Gruppierungen nach Oberflächenmerkmalen nicht zu provozieren (vgl. Chi, Feltovich & Glaser, 1981). Die RA in einem Umschlag unterscheiden sich in ihrer Tiefenstruktur bzw. der anzuwendenden Lösungsansätze (Energiebilanzen, Kräftesuperposition, Lösungen von Bewegungsgleichungen). Um über verschiedene Kombinationen von Oberflächen- und Tiefenstrukturmerkmalen Aussagen

treffen zu können, werden die Oberflächenmerkmale systematisch über die Umschläge hinweg variiert (s. *Abb. 1*).

Der Gruppierungsprozess der einzelnen Studierenden soll videografiert und durch ein leitfadengestütztes Interview begleitet werden, sodass abhängig von der vorliegenden Gruppierung der RA (Oberflächen-, Tiefenstrukturgruppierung, Mischform) Einhilfen gegeben und Nachfragen, u. a. zu auftretenden Schwierigkeiten, gestellt werden können.

Umschlag:	1	2	3	4	5
<i>Anzahl RA:</i>	9	6	6	4	6
Kontexttyp					
„Flug“	x	x			x
„Rutsch“			x	x	
Bewegungsrichtung					
vertikal	x				
horizontal und vertikal		x	x	x	x
Bewegungsform					
$v \neq 0 \frac{m}{s}, a = 0 \frac{m}{s^2}$				x	
$v \neq 0 \frac{m}{s}, a \neq 0 \frac{m}{s^2}$	x	x	x		x
Anzahl notwendiger Lösungsansätze					
1	x	x	x	x	
2					x

Abb. 1: Variation von Oberflächenmerkmalen über Umschläge hinweg

Teil III: Erhebung von Vorgehensweisen und auftretenden Schwierigkeiten in Bearbeitungsprozessen

Um vollständige Bearbeitungsprozesse – und nicht nur die *Prozessergebnisse* – analysieren zu können, soll die studentische Bearbeitung einer Auswahl an RA mit Kameras und Smartpens aufgezeichnet werden. Nach der Bearbeitung einiger Grundaufgaben, deren Merkmale auf Basis der Ergebnisse von Teil II gewählt werden, sollen die Studierenden per Selbstrating über feste Parameter (angemessener Ansatz, angemessene Lösung, Sicherheit in der Lösungsfindung) weitere RA zur Bearbeitung wählen. Hierdurch soll eine Ausrichtung an den individuellen Schwierigkeiten der Studierenden ermöglicht werden. Während der gesamten Bearbeitung sollen den Studierenden strukturelle, physikalische und mathematische Hilfestellungen zur Verfügung stehen, sodass sie auch bei auftretenden Schwierigkeiten voranschreiten und alle Lösungsabschnitte des Bearbeitungsprozesses erreichen können. Hierdurch sollen zusätzlich erste Hinweise zur Wirkung von Hilfestellungen im Bearbeitungsprozess abgeleitet werden können.

Ausblick

Die Vorarbeiten für Teil II sind vollständig abgeschlossen. Im November 2019 wird eine Pilotierung des Vorgehens in Teil II mit ca. 10 Physik-Examenskandidat*innen vorbereitend auf die im Februar 2020 geplante Haupterhebung durchgeführt. Bis dahin sollen auch die für die Erfassung der Personenmerkmale notwendigen Instrumente zusammengestellt und, falls erforderlich, geringfügig modifiziert sein (Teil I).

Für die Vorbereitung der Durchführung von Teil III werden aktuell insbesondere Fragen der zu wählenden Sozialform (Einzelarbeit, Gruppenarbeit), in der die Aufgaben bearbeitet werden sollen, und Verfahren zur Anregung der Kommunikation über individuelle Schwierigkeiten (lautes Denken, Nachfragen / Prompts, Audio Diary, Stimulated Recall) diskutiert. Zudem wird ein Verfahren zur Zuteilung der RA über das Selbstrating entwickelt.

Literatur

- Blum, W., & Leiß, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der "Tanken"-Aufgabe. *Mathematik Lehren*, 18-21.
- Brandenburger, M. (2016). *Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?* Berlin: Logos.
- Brandenburger, M., Mikelskis-Seifert, S., & Labudde, P. (2014). Problemlösen in der Mechanik: eine Untersuchung mit Studierenden. In *Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, Frankfurt.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 2(5), 121-152.
- Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 23(4), 393-405.
- Friege, G. (2001). *Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*. Berlin: Logos.
- Friege, G., & Lind, G. (2004). Leistungsmessung im Leistungskurs. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57, 259-265.
- Graulich, N. & Bhattacharyya, G. (2017). Investigating students' similarity judgments in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 774-784.
- Heller, K. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeits-Test für 5. bis 12. / 13. Klassen, Revision: KFT 5-12+R*. Weinheim: Beltz Test GmbH.
- Just, A. M. & v. Aufschnaiter, C. (2019). *Differenzierender Schülervorstellungstest zur Mechanik*. Unveröffentlicht. Gießen: Institut für Didaktik der Physik, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Kipman, U. (2018). *Problemlösen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Pólya, G., & Conway, J. H. (2014). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (New edition). Princeton, Oxford: Princeton University Press.
- Pusch, A. (2014). *Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik*. Berlin: Logos.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Tuminaro, J. (2004). *A cognitive framework for analyzing and describing introductory students' use and understanding of mathematics in physics*.
- Widodo, A., & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 232-254.
- Woitkowski, D. & Reinhold, P. (2018). Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben: Pilotierergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen* (S. 726-729). Regensburg: Universität Regensburg.