

## Operationalisierung und Evaluation von Problemschemata in der Mechanik

### Ausgangslage

Die Kompetenz des Problemlösens stellt sowohl in der Schule als auch der Universität eine hohe Relevanz dar, da sich unter anderem Übungs- und Klausuraufgaben als Probleme gestalten (Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2012). In der Physik ist dies ein wesentlicher Aspekt, der Novizen und Experten unterscheidet. Dabei ist sowohl der Fokus auf die Tiefenstruktur der Probleme als auch das Ausbilden von Problemschemata von zentraler Bedeutung (s. Abb. 1). (Friege, 2001) Fehlen entsprechende Ressourcen, treten verschiedene Schwierigkeiten auf, die sowohl die Bezugnahme auf das gelernte Fachwissen als auch die Generierung eines Lösungsansatzes betreffen. An der Hochschule geschieht die Vermittlung entsprechender Problemlösestrategien oftmals nur implizit. (Woitkowski, 2018)

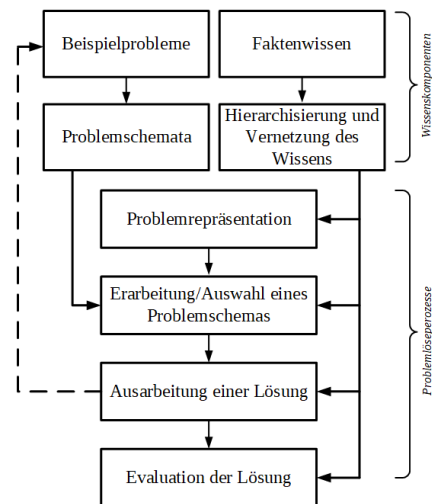


Abb.1: Modell des wissenszentrierten Problemlösens nach Friege (2001)

Eine etablierte Möglichkeit um die Analogiebildung zwischen verschiedenen Problemtypen zu ermöglichen und somit die Ausbildung dieser kognitiven Schemata zu fördern, ist der Einsatz von Worked-Examples (Tropper, 2019). Der Lösungsbeispieleffekt (Sweller et al., 1998) zeigt dabei, dass besonders Novizen von dem Einsatz dieses Aufgabentyps profitieren. Für eine erfolgreiche Verwendung ist dabei jedoch die Selbsterklärung durch die Lernenden von besonderer Bedeutung, um den Expertiseerwerb (Chi, 2000) und die Vorbereitung zum eigenständigen Problemlösen (Atkinson et al., 2003) zu ermöglichen.

### Forschungsziel und -methode

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll die Wirksamkeit eines neuen Übungskonzept der Physikübung empirisch überprüft werden, das auf die Vermittlung relevanter Problemlösestrategien und Problemschemata in der Mechanik fokussiert. Dies basiert einerseits auf Lernmaterial, dessen Fokus auf der Tiefenstruktur der Aufgaben liegt und durch Worked-Examples unterstützt wird. Die Abstimmung der Tiefenstruktur wurde dabei durch eine umfangreiche Aufgabenanalyse sichergestellt (Plicht, Härtig & Dorschu, 2020).

Das zweite Element des Konzepts stellt ein explizites Strategietraining dar, das über die Dauer des Semesters im Rahmen der Physikübung durchgeführt wird. Es umfasst dabei die kritische Reflektion bisheriger Lösungsstrategien sowie die gezielte Vermittlung von Problemschemata und Heuristiken der Mechanik (s. Abbildung 2).

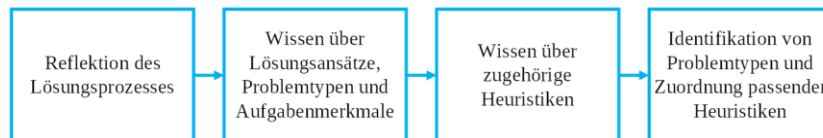


Abb.2: Struktur des Strategietrainings

### **Pilotierung**

Um ein möglichst differenziertes Bild zu erhalten, an welcher Stelle die Problemlösekompetenz der Studierenden zunimmt, soll diese möglichst differenziert erfasst werden. In diesem Rahmen wurde ein Fragebogen zum deklarativen Wissen über Problemschemata in der Mechanik entwickelt. Der Fragebogen enthielt dabei 35 Single-Choice-Items für die Inhaltsbereiche Kinematik, Kräfte, Energie und Impuls. Es wurden jeweils charakteristische Aufgabenmerkmale von Problemtypen, sowie klassische Lösungsansätze und Heuristiken erfasst.

Darüber hinaus wurde ein Fragebogen zur Akzeptanz der Intervention entwickelt, um sicherzustellen, dass die Einstellungen der Studierenden hier keinen zusätzlichen Effekt auf die Wirksamkeit der Intervention ausüben. Es wurden Items formuliert, die sowohl das Verständnis von Physik als rechenbasierte Disziplin als auch die Sinnhaftigkeit strategischer Problemlöseprozesse (Übung) und Selbsterklärung musterhaft gelöster Aufgaben (Worked-Examples) beinhalten.

Die Pilotierung der neu entwickelten Instrumente fand im Sommersemester 2021 an der Hochschule Ruhr West im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau im zweiten Semester statt. Das Übungskonzept wurde dabei als Online-Seminar in einem Kontrollgruppendesign durchgeführt und evaluiert. Beide Gruppen erhielten dabei das Strategietraining, während nur eine der Gruppen das Lernmaterial und die andere Gruppe dieselben Aufgaben als klassische Übungsaufgaben erhielt.

Zu Beginn des Semesters gab es 53 aktive Teilnehmende, die sich bis zum Ende des Semesters auf 18 reduzierten.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Zunächst wurde die Güte der Instrumente betrachtet. Dabei wurden zunächst die Skalensreliabilität und Trennschärfe der Items untersucht (s. Tabelle 1 und 2). Für den Fragebogen zur Akzeptanz mussten sechs Items mit zu geringer Trennschärfe ausgeschlossen werden, wonach die Reliabilität neu bestimmt wurde und mit einem  $\alpha > .8$  als gut beurteilt wird (s. Tabelle 1).

*Tabelle 1: Skalenreliabilität Akzeptanz*

Posttest		Posttest neu	
N	Cronbachs $\alpha$	N	Cronbachs $\alpha$
17	.807	17	.823

Der Test zum deklarativen Wissen wird sowohl mittels klassischer Testtheorie als auch Item Response Theory (hier: Rasch) überprüft (s. Tabelle 2). Dabei weisen 14 der 35 Items eine zu geringe Trennschärfe auf. Nachdem 11 dieser Items ausgeschlossen wurden, wurde die Skalenreliabilität neu bestimmt und ebenfalls mit  $\alpha > .8$  als gut beurteilt. Es verbleiben fünf Items mit unzureichender Trennschärfe, die aufgrund der Distraktorenanalyse jedoch noch einmal überarbeitet und neu eingesetzt werden.

*Tabelle 2: Skalenreliabilität Deklaratives Wissen über Problemschemata*

	Posttest		Posttest neu	
	N	Cronbachs $\alpha$	N	Cronbachs $\alpha$
KTT	15	.821	15	.883
IRT	15	.799	15	.838

#### *Prä-Post-Vergleich*

Neben der Güte der Testinstrumente wurde auch ein Prä-Post-Vergleich der Daten vorgenommen. Für die Akzeptanz der Intervention lagen nicht normalverteilte Daten vor. Anhand des Wilcoxon-Tests konnte dabei keine signifikante Änderung ermittelt werden.

Die Daten des deklarativen Wissenstests haben sich hingegen trotz kleiner Stichprobe (N=15; w=3, m=12, d=0) als normalverteilt herausgestellt, sodass ein T-Test durchgeführt werden konnte. Dabei ließ sich ein signifikanter Zuwachs mit  $t(14) = -2,5, p = 0,02$  mit einer Effektstärke für Cohen's d von:  $|d| = 0,65$  feststellen. Es kann demnach ein mittlerer Effekt für das deklarative Wissen über Problemschemata bestimmt werden. Aufgrund der geschrumpften Stichprobengröße lassen sich jedoch keine Gruppenunterschiede bezüglich der Lernmaterialien untersuchen. Da im Rahmen der Pilotierung alle Studierenden das Strategietraining erhalten haben, kann der gemessene Effekt bisher noch nicht eindeutig auf die Intervention zurückgeführt werden.

#### **Ausblick**

Im laufenden Wintersemester 2021/22 folgt die Hauptstudie zu dem vorgestellten Forschungsvorhaben. Dabei wird ein Kontrollgruppendesign gewählt, in dem die Interventionsgruppe das explizite Strategietraining erhält, während die Kontrollgruppe eine „klassische“ Übung erfährt, in der die Aufgaben vorgerechnet werden. Beide Gruppen erhalten dabei das konzipierte Lernmaterial. Neben den vorgestellten Testinstrumenten werden zudem ein weiterer Problemlösetest (Brandenburger, 2016), sowie Sortieraufgaben (adaptiert nach Binder, Schmiemann & Theyßen, 2019) zur Erhebung der abhängigen Variable eingesetzt.

## **Literatur**

- Atkinson, R. K., Renkl, A., & Merrill, M. M. (2003). Transitioning from studying examples to solving problems: Effects of self-explanation prompts and fading worked-out steps. *Journal of educational psychology*, 95(4), 774.
- Binder, T., Schmiemann, P., & Theyßen, H. (2019). Erfassung von fachspezifischen Problemlöseprozessen mit Sortieraufgaben in Biologie und Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 25-42.
- Brandenburger, M., & Mikelskis-Seifert, S. (2012). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik.
- Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?: eine Untersuchung mit Studierenden (Vol. 218). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Chi, M. (2000). Self-explaining: The dual process of generating inference and repairing mental models. *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science*, Vol. 5, pp. 161-238.
- Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen: eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs, Logos-Verlag, Berlin.
- Plicht, K., Härtig, H., & Dorschu, A. Aufgabenanalyse und Worked-Examples als Basis eines Strategietrainings. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Online 2020*. (S. 453). Universität Duisburg-Essen.
- Tropper, N. (2019). Lernen mit Lösungsbeispielen. In *Strategisches Modellieren durch heuristische Lösungsbeispiele* (pp. 53-92). Springer Spektrum, Wiesbaden.
- Woitkowski, D. (2018). Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium: Vorstellung des Forschungsprojektes KEMΦ. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1.