

Katja Plicht<sup>1</sup>  
Hendrik Härtig<sup>2</sup>  
Alexandra Dorschu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hochschule Ruhr West  
<sup>2</sup>Universität Duisburg-Essen

## **Problemlösestrategien statt Rechnen? Evaluation eines Übungskonzepts**

### **Expert:innen-Noviz:innen-Vergleich**

Die Expertiseforschung bietet Erkenntnisse über die Unterschiede von Expert:innen und Noviz:innen, welche genutzt werden können, um den Lernprozess von Noviz:innen gezielt zu unterstützen. Dabei kennzeichnet sich der Problemlöseprozess von Expert:innen durch eine Problemrepräsentation, die sich auf die Tiefenstruktur des Problems konzentriert (Chi et al., 1981), sowie die Verwendung von Problemschemata, welche eine Entlastung des *Cognitive Load* ermöglichen (Sweller, 1988). Letztere stellen kognitive Strukturen dar, die Informationen über Problemtypen, Problemmerkmale und Lösungsansätze beinhalten. Das Modell des wissenszentrierten Problemlösens von Friege (2001), welches dieser Arbeit zugrunde gelegt wird, beschreibt die Entwicklung der Problemschemata anhand der Erarbeitung einer Vielzahl von Beispielproblemen sowie der Vernetzung des zugrundeliegenden Faktenwissens. Noviz:innen, die diese Strukturen noch nicht ausgebildet haben, lassen sich durch Oberflächenmerkmalen ablenken und nutzen fehleranfällige Lösungsstrategien (z.B. Brandenburger, 2016). Der Expertiseerwerb wird dabei als ein langwieriger Prozess angesehen, der auf etwa 10 Jahre abgeschätzt wird (z. B. Ericsson, 2018).

### **Worked Examples**

Eine etablierte Methode zur Förderung der Problemlösekompetenz stellt der Einsatz von Worked Examples dar. Dabei handelt es sich um Aufgaben, die neben der Problemstellung ebenfalls eine schrittweise Erklärung der Lösung beinhalten. Besonders zu Beginn des Expertiseerwerbs konnte diese Methode wiederholt höhere Lernzuwächse im Vergleich zum eigenständigen Problemlösen zeigen. Diese Beobachtung wird als *worked-example effect* bezeichnet (Sweller & Cooper, 1985).

### **Ausgangslage**

Derzeit wird das Lösen physikalischer Probleme an den meisten deutschen Universitäten im Rahmen von Physikübungen thematisiert, wobei das Vorrechnen von Physikaufgaben im Fokus liegt (Haak, 2016) und Problemlösestrategien höchstens implizit adressiert werden (Woitkowski, 2018). Es lässt sich darüber hinaus feststellen, dass die Problemlösefähigkeiten der Studierenden auch nach den ersten Semestern als ungenügend beschrieben werden müssen (Woitkowski, 2020), sodass eine stärkere Ausrichtung auf die Problemlösekompetenz der Studierenden vielversprechend erscheint.

### **Forschungsziel und -methode**

Ziel der Studie war die Ausarbeitung eines neuen Übungskonzepts mit dem Fokus auf der Entwicklung von Problemschemata und der Vermittlung von Problemlösestrategien. Da sich die Methode der Worked Examples in diesem Bereich bereits bewährt hat, baut das

instruktionale Strategietraining auf entsprechendem Übungsmaterial auf. Die Intervention wird in einem Kontrollgruppendesign untersucht, wobei in Kontroll- und Interventionsgruppe die identischen Probleme besprochen werden. Die Evaluation des Konzepts wird anhand eines Prä-Post-Vergleichs vorgenommen, der das deklarative Wissen über Problemschemata (Single-Choice-Test, Eigenkonstruktion) sowie die Auswahl der Problemschemata (Sortieraufgaben adaptiert nach Binder et al. (2019)) der Gruppen untersucht.

### Durchführung des Strategietrainings

Das Strategietraining wurde an der Hochschule Ruhr West im Wintersemester 2021/22 eingesetzt. Die Teilnehmenden ( $N = 71$ ) waren Studierende des Studiengangs Maschinenbau im ersten Semester. Das Konzept wurde in 12 wöchentlichen Seminarsitzungen von jeweils 60 Minuten durchgeführt. Alle Studierenden haben dabei Übungsblätter erhalten, die auf einem Worked Example aufbauten. Darüber hinaus wurde die Tiefenstruktur der Aufgaben anhand einer systematischen Aufgabenanalyse abgestimmt (Plicht et al., 2020).

Die erste Sitzung fokussiert auf einem kognitiven Konflikt, der die Notwendigkeit belastbarer Lösungsstrategien motivieren soll. Dabei werden den Studierenden verschiedene Aufgaben präsentiert, die eine ähnliche Oberflächen-, aber unterschiedliche Tiefenstrukturen aufweisen, wodurch oberflächliche Strategien wie beispielsweise das *recursive plug-and-chug*-Verfahren (Tuminaro & Redish, 2005) angesprochen werden sollen, die dabei zum Scheitern des Lösungsprozesses führen. Nach der Auflösung des kognitiven Konflikts wird ein Problemlöseprozess in Anlehnung an das Modell des wissenszentrierten Problemlösens von Frieg (2001) als Alternative vorgestellt, das als Gerüst der nachfolgenden Sitzungen dient.

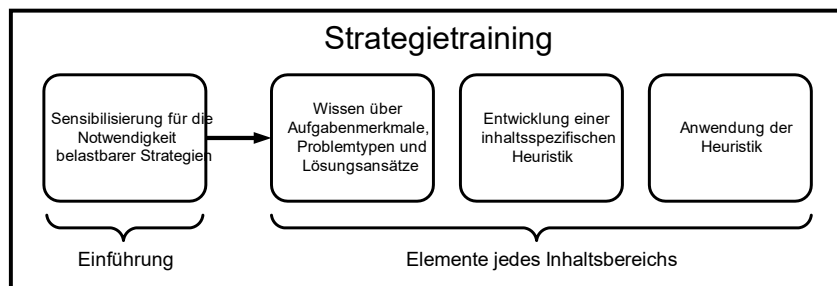


Abb.1: Struktur des Strategietrainings

Nach der Einführung werden die Themenbereiche Kinematik, Kräfte, Energie und Impuls behandelt, welche stets in die gleichen Elemente des Strategietrainings unterteilt werden (s. Abb. 1). Als Kernelement des Strategietrainings wird ein „Übersetzungsprozess“ durchgeführt, der kleinschrittig die Problemrepräsentation und Problemschemaauswahl einer Expertin bzw. eines Experten nachahmt. Ziel ist dabei die Verknüpfung problemspezifischer Informationen, welche im Sinne der Problemschemata erlernt werden sollen. Diese umfassen charakteristische Aufgabenmerkmale, konzeptuelle Merkmale und Lösungsansätze. Zusätzlich werden inhaltspezifische Heuristiken erarbeitet und angewendet, sodass eine abstrahierte Vorgehensweise zur Bearbeitung neuer Probleme bekannt ist.

### Ergebnisse

Für die Evaluation des Konzepts wird zunächst der Lernzuwachs der Kontroll- und Interventionsgruppe im Hinblick auf das deklarative Wissen über Problemschemata verglichen. An dieser Stelle wird der Welch-Test verwendet, der auch bei fehlender Varianzhomogenität eine vergleichbare Macht zum ungepaarten T-Test aufweist (Kubinger et al., 2009). Dabei lässt sich ein signifikanter Unterschied beobachten, der eine hohe Effektstärke aufweist (s. Tabelle 1). Die Förderung der Entwicklung von Problemschemata durch die Intervention kann somit als erfolgreich eingeschätzt werden.

Für den Vergleich des Lernzuwachses bezüglich der Auswahl von Problemschemata lässt sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen feststellen (s. Tabelle 1), sodass hier kein Einfluss des Strategietrainings nachgewiesen werden kann.

*Tabelle 1: Vergleich des Lernzuwachses zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe*

| Testinstrument                           | Welch-Test      | Cohen's <i>d</i> | <i>p</i> |
|--|-----------------|------------------|----------|
| Deklaratives Wissen über Problemschemata | $t(48) = 3.248$ | .938             | .002     |
| Sortieraufgaben                          | $t(55) = 1.118$ | -                | .268     |

### Diskussion

Die Evaluation des Übungskonzepts zeigt, dass ein stärkerer Fokus auf die Vermittlung von Problemschemata und Problemlösestrategien als förderlich im Vergleich zu einem klassischen Übungskonzept bewertet werden kann. Auch wenn der positive Effekt des Strategietrainings in der derzeitigen Form nur im Bereich des deklarativen Wissens über Problemschemata nachgewiesen werden kann, ist dies in Anbetracht des langwierigen Expertiseerwerbs (z. B. Ericsson, 2018) und der hohen Relevanz der Ausbildung entsprechender Wissensstrukturen (z. B. Gruber et al., 2019) als wichtiger Entwicklungsschritt zu betrachten.

Das Ausbleiben eines solchen Effekts für die Auswahl der Problemschemata lässt dabei verschiedene Erklärungsansätze zu. Ein möglicher Aspekt besteht hier in dem deutlichen Fokus des Strategietrainings auf der Ausbildung der Problemschemata durch den beschriebenen Übersetzungsprozess sowie die Verwendung von Aufgaben sehr ähnlicher Tiefenstrukturen. Auch wenn die Vermittlung und Anwendung allgemeiner Heuristiken einen Teil der Intervention darstellten, kann im Hinblick auf den Anspruch einer Transferleistung hier diskutiert werden, ob die Gewichtung der einzelnen Elemente in einer weiteren Optimierung zu Gunsten des Anwendungsaspekts angepasst werden sollte. Dabei ist unklar, ob eine veränderte Ausrichtung des Konzepts eine verbesserte Transferleistung ermöglichen kann oder stattdessen erzielte Ergebnisse des derzeitigen Designs verhindern würden.

Darüber hinaus können die beobachteten Effekte der Entwicklung von Problemschemata durch weitere qualitative Untersuchungen unterstützt werden. Dabei wäre primär ein Fokus auf der Struktur der Problemschemata sowie der ersten beiden Phasen des Problemlöseprozesses von Interesse. Ein tieferes Verständnis könnte an dieser Stelle möglicherweise Auskunft darüber geben, wie eine Anwendung der erlernten Strukturen im Rahmen der Auswahl geeigneter Problemschemata erzielt werden kann. Insgesamt lässt sich das Übungskonzept als vielversprechende Alternative zu bestehenden Physikübungskonzepten betrachten, welches weiteren Spielraum für Optimierung zulässt, um die Problemlösekompetenz von Studierenden noch gezielter zu unterstützen.

### Literatur

- 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. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?: eine Untersuchung mit Studierenden (Vol. 218). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive science*, 5(2), 121-152.
- Ericsson, K. A. (2018). An Introduction to the Second Edition of *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance: Its Development, Organization, and Content*. In Ericsson, K. A., Hoffman, R. R., Kozbelt, A., & Williams, A. M. (Eds.). *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. (2., 3-20). Cambridge University Press.
- 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.
- Gruber, H., Scheumann, M., & Krauss, S. (2019). Problemlösen und Expertiseerwerb. In *Psychologie für den Lehrberuf* (pp. 53-65). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Haak, I. (2016). Was macht eine gute Übung aus. Ein Vergleich von Vorstellungen zum physikalischen Übungsbetrieb. *die hochschullehre*, 2, 1-25.
- Kubinger, K. D., Rasch, D., & Moder, K. (2009). Zur Legende der Voraussetzungen des t-Tests für unabhängige Stichproben. *Psychologische Rundschau*, 60(1), 26-27.
- Plicht, K., Härtig, H., & Dorschu, A. (2020). 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.
- Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and instruction*, 2(1), 59-89.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257-285.
- Tuminaro, J., & Redish, E. F. (2005). Student Use of Mathematics in the Context of Physics Problem Solving: A cognitive model. U. of Maryland preprint.
- Woitkowski, D. (2018). Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium: Vorstellung des Forschungsprojektes KEMΦ. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1.
- Woitkowski, D. (2020). Surveying University Students' Problem Solving Skills in Realistic Settings. In O. Levriani & G. Tasquier (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference.: The Beauty and Pleasure of Understanding: Engaging With Contemporary Challenges Through Science Education* (pp. 2008–2014). Bologna: University of Bologna.