

Katja Plicht¹
Hendrik Härtig²
Alexandra Dorsch¹

¹Hochschule Ruhr West
²Universität Duisburg-Essen

Aufgabenanalyse und Worked-Examples als Basis eines Strategietrainings

Ausgangslage

Aufgrund von immer weiter wachsenden Systemen und Technologien, ändern und wachsen in der heutigen Zeit die Anforderungen an Ingenieure. Dabei reichen technische Kompetenzen längst nicht mehr aus, hingegen werden vor allem Problemlösekompetenzen als wesentliche Ansprüche formuliert. (Lehmann et al., 2008)

Da das Problemlösen ebenfalls im universitären Kontext in Form von Übungs- und Klausuraufgaben zentral ist (Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2012), eignen sich Physikaufgaben als wissenszentrierte Probleme für die explizite Förderung dieser Kompetenz. In diesem Bereich liegen gut evaluierte Kenntnisse zum Vorgehen von Experten und Novizen vor (Friege, 2001), die sich für eine gezielte Optimierung des Lernprozesses nutzen lassen. Dabei ist vor allem die Identifikation der zugrundeliegenden Tiefenstruktur und der Rückgriff auf erfahrungsbasierte Problemschemata in Form von kognitiven Strukturen zentral für einen erfolgreichen und sicheren Problemlöseprozess (Friege, 2001).

Theoretischer Hintergrund

Eine bewährte Methode um die notwendige Auseinandersetzung mit der Tiefenstruktur und den zugrundeliegenden Prinzipien einer Aufgabe zu ermöglichen, stellen der Einsatz von Worked-Examples dar (Renkl, 2017). Als zentrale Gelingensbedingung für diesen Ansatz hat sich dabei der Selbsterklärungs-Effekt herausgestellt, der die aktive Beschäftigung der Lernenden mit dem Worked-Example beschreibt (Chi, 2000). Bei erfolgreichem Einsatz dieser Methode kann über ein Scaffolding der Detailtiefe eine ideale Vorbereitung auf eigenständiges Problemlösen und einen entsprechenden Transfer des konzeptuellen Wissens gelingen (Atkinson & Renkl, 2003). Außerdem lässt sich beobachten, dass Problemlösestrategien in der Regel lediglich implizit vermittelt werden und ein entsprechender Erwerb belastbarer Strategien im Rahmen des Physiklernens ausbleibt (Woitkowski, 2018).

Ziel und Methode

Ziel des Forschungsvorhabens ist die empirische Überprüfung der Wirksamkeit eines neuen Übungskonzepts zur Vermittlung von Problemschemata und Problemlösestrategien. Dabei wird einerseits Lernmaterial zur Hervorhebung der Tiefenstruktur, sowie ein explizites Strategietraining eingesetzt. Die beiden unabhängigen Variablen werden dabei in Form eines 2x2 –Designs im Rahmen der Physikübung an der HRW untersucht (Plicht, 2020).

Lernmaterial

Die erste unabhängige Variable der Intervention stellt das Lernmaterial dar. Ziel ist die Strukturähnlichkeit der Aufgaben herauszustellen und den Studierenden somit eine Unterstützung bei der Identifikation von gleichen Problemtypen und der damit verbundenen Heuristik aufzuzeigen. Um dies zu realisieren, soll eine Konzentration auf die Tiefenstruktur erfolgen. Dazu werden die wöchentlich einzureichenden Übungszettel so konstruiert, dass zunächst ein Worked-Example zu Beginn steht und nachfolgend „klassische“ analytische Aufgaben folgen, die eine ähnliche Tiefenstruktur aufweisen. Somit soll der Transfer der Vorgehensweise bei der Lösung des Worked-Examples zunächst durch entsprechende Prompts herausgearbeitet werden, um eine Anwendung bei der eigenständigen Bearbeitung

der klassischen Aufgaben zu ermöglichen. Für die zentrale Idee der gezielten Steuerung der Tiefenstruktur, muss zunächst eine dezidierte Analyse der Aufgabenmerkmale erfolgen. Das Gegenstück für die Gruppen ohne Lernmaterial stellen Übungszettel mit den gleichen Aufgaben dar, ohne die Betonung der Tiefenstruktur und ihrer Ähnlichkeit durch das vorangehende Worked-Example.

Aufgabenanalyse

Ziel der Aufgabenanalyse ist eine bewusste Steuerung der Tiefenstruktur sowie anderer schwierigkeiterzeugender Kategorien. Die Bestimmung der Aufgabenmerkmale wurde dabei anhand eines Kodiermanuals festgelegt, das mittels eines bestehenden Aufgabenpools ($N = 91$) evaluiert wurde (Plicht, 2020). Dabei wurden folgende Kategorien konstant gehalten: *Fachstufe* (Woitkowski, 2015), *Teilaufgaben* (Stawitz, 2010), *Art der Aufgabeninformation* (Stawitz, 2010), *Relevanz der Aufgabeninformation* (Stawitz, 2010) und das sprachliche Niveau in Form des *Lesbarkeitsindex* (Lenhard & Lenhard, 2014-2017).

Die Kategorien, die gezielt adaptiert wurden, um die Komplexität und Tiefenstruktur zu steuern werden in Tabelle 1 dargestellt.

Aufgabenmerkmale	Funktion	Kategorien	Interraterreliabilität κ
Inhaltsbereich (Woitkowski, 2015)	Identifikation von Aufgaben mit gemischten Inhaltsbereichen	Kinematik, Kräfte, Energie, Impuls	.61 – .86**
Lösungsmöglichkeiten	Vor- und Nachteile verschiedener Lösungsmöglichkeiten aufzeigen	Eine Lösung, Mehrere Lösungen, Eine zentrale Lösung	.94**
Mathematisierung (Schoppmeier et al., 2012)	Ansteigen der Mathematisierung während des Semesters	Keine Mathematisierung, Berechnen, Umformen, Umgang mit funktionalen Zusammenhängen, Modellieren	.96**
Hierarchische Komplexität für Lernaufgaben (adaptiert nach Bernholt, 2010)	Ansteigen der Komplexität während des Semesters und jedes Inhaltsbereichs	Grundlegende Prozessbeschreibung, Grundlegende lineare Kausalität, Adaptierte Prozessbeschreibung, Adaptierte lineare Kausalität, Zusammengesetzte multivariate Interdependenz, Multivariate Interdependenz	.88 – .91**
Scaffolding (eigene Entwicklung)	Zusammenhang von zusätzlichen Lernhilfen und der Komplexität	Berechnung eines Scaffoldindex über Verhältnis von Lernhilfen und normierter Komplexität	folgt nach der Pilotierung
Tiefenstruktur (eigene Entwicklung)	Vergleich und gezielte Adaption der Tiefenstruktur	Oberkategorien (mit 63 Unterkategorien): Mathematische Ergänzung, Gleichförmige Bewegung, Gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Mehrdimensionale Bewegung, Kreisbewegung, Kräfte, Energie, Impuls	.76 – .95**

Tabelle 1: Variierte Aufgabenmerkmale

Als wichtigstes Analyseinstrument dient dabei die Kategorie zur Erfassung der Tiefenstruktur, die durch die Einführung eines dreistelligen nominalen Codes realisiert wird (s. Abb. 1), der sowohl die Charakteristika des Problems als auch der Lösung erfasst. Die einzelnen Ziffern beschreiben dabei unterschiedliche Spezifikationsebenen. Die Tiefenstruktur einer Aufgabe kann somit durch die Auflistung dieser Elemente dargestellt werden und dementsprechend transparent adaptiert werden, um die Analogie der Aufgaben zu verstärken.

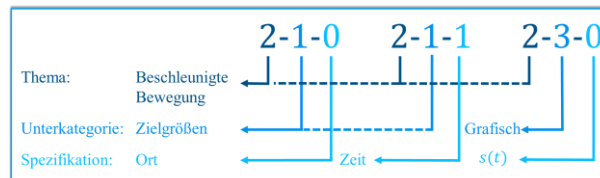


Abb. 1.: Darstellung der Tiefenstruktur

Gestaltung der Worked-Examples

Da die Worked-Examples die Bearbeitungsschritte der übrigen Aufgaben des jeweiligen Übungszettels erleichtern sollen, ist die Tiefenstruktur entsprechend der regulären Aufgaben gewählt. Dabei wird zu Beginn der einzelnen Inhaltsbereiche auf eine stärkere Übereinstimmung geachtet, die im Sinne eines Scaffoldings nach und nach abgebaut wird. Aufgrund der Spezifität der Codes ist jedoch nicht immer eine vollständige Übereinstimmung notwendig. Beispielsweise kann das Worked-Example den Code 2-0-3 statt 2-0-1 enthalten, da so lediglich eine Unterscheidung bzgl. der Anfangsbedingungen beschrieben wird. Zusätzlich ist das Worked-Example stets die Aufgabe mit der höchsten Komplexität des jeweiligen Übungszettels. Es beinhaltet dabei sowohl mathematische Ansätze, Herleitungen und Berechnungen sowie Beschreibungen in Textform, die den Lösungsprozess kommentieren. Nachfolgend stehen die Prompts zur eigenständigen Auseinandersetzung mit der Aufgabe. Diese erfragen i.d.R. die Begründung für die zuvor gesehenen Lösungsschritte und -ansätze. Im Laufe des Semesters kommen zudem die Betrachtung von Voraussetzungen und Grenzfällen hinzu, um die zugrundeliegenden Problemtypen weiter abzugrenzen.

Strategietraining

Das Strategietraining stellt die zweite unabhängige Variable der Intervention dar. Dieses wird in der regulären Physikübung des Moduls umgesetzt. Das Gegenstück für die Gruppen ohne Strategietraining stellt eine klassische Übung dar, in der das Vorrechnen und Diskutieren der bearbeiteten Übungsblätter erfolgt.

Auch wenn der Umfang einer jeden Einheit dabei variiert (z.B. vier Stunden zur Kinematik und zwei Stunden zu Kräften), was sich auf die Anzahl der thematisierten Problemtypen pro Inhaltsbereich zurückführen lässt, werden stets dieselben Elemente durchlaufen (s. Abb. 2).

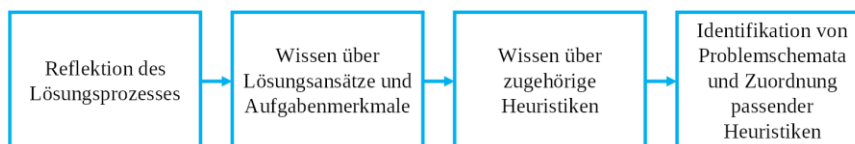


Abb. 2: Struktur des Strategietrainings

Ausblick

Im Wintersemester 2020/2021 erfolgt die Pilotierung eines neuen Testinstruments zum deklarativen Wissen über Problemschemata sowie eine Präpilotierung des Strategietrainings. Im darauffolgenden Semester folgt voraussichtlich eine Pilotierung des gesamten Forschungsdesigns gemeinsam mit den ausgewählten Testinstrumenten.

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.
- Bernholt, S. (2010). *Kompetenzmodellierung in der Chemie: Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*. Berlin: Logos-Verlag.
- Brandenburger, M., & Mikelskis-Seifert, S. (2012). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik.
- 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.
- Lehmann, M., Christensen, P., Du, X. & Thrane, M. (2008). Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education, *European journal of engineering education*, Vol. 33, No. 3, pp. 283-295.
- Lenhard, W. & Lenhard, A. (2014-2017). Berechnung des Lesbarkeitsindex LIX nach Björnson.
- Plicht, K., Deuber, F., Härtig, H. & Dorschu, A. (2020). Förderung der Problemlösekompetenz von Ingenieurstudierenden. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. (S. 673). Universität Duisburg-Essen.
- Renkl, A. (2017). Learning from worked examples in mathematics: Students relate procedures to principles. *ZDM Mathematics Education*, 49, 571–584. Doi: 10.1007/s11858-017-0859-3
- Schoppmeier, F., Borowski, A., Fischer, H. E. (2012). Mathematische Bereiche in Leistungskursklausuren. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(11), 28-40.
- Stawitz, H. C. (2010). Auswirkung unterschiedlicher Aufgabenprofile auf die Schülerleistung: Vergleich von Naturwissenschafts- und Problemlöseaufgaben der PISA 2003-Studie. Logos-Verl.
- Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung: Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung* (Vol. 185). Logos-Verlag, Berlin.
- Woitkowski, D. (2018). *Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium: Vorstellung des Forschungsprojektes KEMΦ*. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1.