

Problemlösefähigkeiten zu Studienbeginn

Einführung

Im Rahmen des Forschungsprojekts KEMΦ (Kompetenzentwicklung Physik in der Studieneingangsphase; Woitkowski, 2018) wird das physikalische Fachwissen und die Problemlösefähigkeit bei Studierenden der ersten zwei Semester erhoben. Im Vortrag wurden aktuelle Ergebnisse zum Problemlösen zu Studienbeginn dargestellt. Bereits aus früheren Erhebungen ist bekannt, dass Studierende in dieser Phase erhebliche Schwierigkeiten mit der Bearbeitung von Übungszetteln berichten (Woitkowski & Reinhold, 2018). Eine Haupt-Lerngelegenheit wird so nicht genutzt. Aus den Berichten der Studierenden ergibt sich die Vermutung, dass es ihnen an nötigen Problemlösefähigkeiten mangelt.

Theorie

Im Projekt wird die Problemdefinition von Smith (1991) genutzt, die (recht breit gefasst) auch typische Übungsaufgaben des universitären Übungsbetriebs umfasst. Solche Probleme können als „wissenszentriert“ aufgefasst werden, da sie auf Basis der Kenntnis der zugrunde liegenden Domäne gelöst werden müssen (Reinhold, Lind & Friege, 1999). Zu ihrer erfolgreichen Lösung bedarf es mehrerer Wissenskomponenten (Fachwissen und Problemschemata, vgl. Woitkowski, 2020), auf deren Basis deskriptiv vier Problemlöseprozesse durchlaufen werden: Problemrepräsentation, Erarbeitung oder Auswahl eines Problemschemas, Ausarbeitung einer Lösung und die Evaluation der Lösung (Friege, 2001).

Während der letzte Prozess in der Praxis nur selten beobachtet wird, ergeben sich im Verlauf der ersten drei Problemlöseprozesse aus der Literatur 8 relevante Schwierigkeiten:

- Problemrepräsentation gelingt nicht, Problemstellung wird nicht verstanden, mentales Modell kann nicht erstellt werden (Simon & Simon, 1978; Larkin, 1983; Savelsbergh, 1998)
- Mangelnde Kenntnis physikalischer Begriffe (Friege, 2001; Reinhold et al., 1999; VanLehn, 1989)
- Unstrukturierte Recherche nach Informationen, die häufig lange dauert und wenig nutzbares zutage fördert (Chi, Glaser & Rees, 1982; Schultz & Lochhead, 1991)
- Richtige Formel für den Lösungsansatz fehlt vollständig, es ist nicht klar, mit welcher Art von Formel oder Zusammenhang das Problem angegangen werden kann
- Weiteres Vorgehen ist unklar (Chi et al., 1982; Reinhold et al., 1999; VanLehn, 1989)
- Fehlerhafte mathematische Notation, die nicht notwendigerweise zu einem Abbruch der Problemlösung oder zu einem Fehler führen muss
- Mangelnde Algebraische Fähigkeiten (Bing & Redish, 2009; Wilcox, Caballero, Rehn & Pollock, 2013)
- Rechnen mit Variablen/Größensymbolen (statt Zahlen) wird als schwieriger oder unangenehmer empfunden. Dem üblichen Ratschlag, erst am Ende Zahlen einzusetzen, wird nicht gefolgt.

Dabei können die ersten drei Schwierigkeiten eher dem Prozess der Problemrepräsentation, die nächsten beiden eher der Erarbeitung/Auswahl eines Problemschemas und die letzten drei eher der Ausarbeitung der Lösung zugeordnet werden.

Stichprobe

Aktuell liegen im Projekt Problemlösedaten von 35 Studierenden der Physik in Fach- oder Lehramts-Studiengängen an 4 deutschen Universitäten vor. Die Studierenden wurden im Rahmen des KEMΦ-Fachwissenstests in ihrem ersten Semester (WiSe 17/18, 18/19, 19/20) freiwillig rekrutiert und in der 2./3. Woche des Semesters getestet.

Testinstrument

Die im Folgenden berichteten Daten wurden mit dem KEMΦ-Problemlösetest (Woitkowski, 2019) erhoben. Dabei handelt es sich um vier Aufgaben zum Thema *gleichmäßig beschleunigte Bewegung und Würfe*, die einer Reanalyse realer Übungszettel entnommen sind und mit demselben Problemschema lösbar sein sollten. Für die Aufgaben liegen ausführliche Musterlösungen sowie eine Explikation des Schemas vor.

Die Studierenden haben beliebig viel Zeit, die Aufgaben mit der Methode des lauten Denkens zu lösen. Nach einer kurzen Pause schließt sich daran ein Interview an, in dem Herangehensweisen und wahrgenommene Schwierigkeiten erfragt werden.

Zur inhaltsanalytischen Behandlung wurden vier deduktive Kategorien zum Lösungserfolg entsprechend dem Modell des wissenschaftszentrierten Problemlösens (Friege, 2001) erstellt (frühere Variante bei Woitkowski, 2019). Zu den 8 spezifischen Schwierigkeiten wurden induktiv Kategorien und Ankerbeispiele generiert. Die Kodierung wurde durch 2 geschulte Kodierer durchgeführt, ein gewichtetes Cohen's $\kappa = 0,77$ belegt eine substantielle Übereinstimmung. Im Falle von Uneinigkeit wurde *in dubio pro studente* verfahren.

KEMΦ-Übungszettel

Aufgabenzettel 1 (Beginn 1. Semester)

Aufgabe 1: Autorennen

Bei einem *Regenden Start* nähert sich ein Rennwagen mit einer Geschwindigkeit von $v_0 = 2 \text{ m/s}$ der Startlinie. Sobald der Frontspoiler des Wagens die Linie überquert, startet die Uhr (Zeit $t = 0 \text{ s}$). Der Wagen beschleunigt nun mit $a = 8 \text{ m/s}^2$.

- Geben Sie die Geschwindigkeit v des Rennwagens als Funktion der Zeit t an.
- Wie lange nach Überqueren der Startlinie erreicht der Wagen die Ziellinie in $s = 100 \text{ m}$ Entfernung?

Hinweis: Gehen Sie der Einfachheit halber davon aus, dass die Beschleunigung des Wagens über die gesamte Strecke konstant ist.

Aufgabe 2: Weitwurf

Ein Ball wird mit einer Abwurfgeschwindigkeit v_0 unter einem Winkel α zur Horizontalen abgeworfen.

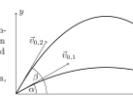
- Geben Sie die x -Komponente und die y -Komponente der vektoriellen Anfangsgeschwindigkeit \vec{v}_0 in Abhängigkeit des Winkels α an. Beachten Sie dabei die Skizze rechts.
- Geben Sie die Ortskurve des geworfenen Balles $\vec{r}(t)$ an, wenn dieser in einer Höhe von $h_0 = 0$ abgeworfen wurde.
- Bestimmen Sie die Wurflweite in Abhängigkeit des Abwurfwinkels α .



Aufgabe 3: Kollision

Zwei Bälle werden von der selben Position aus unter zwei verschiedenen Winkeln abgeworfen (siehe Skizze). Dabei sind die beiden Abwurfgeschwindigkeiten betragsmäßig gleich $v_0 = 10 \text{ m/s}$. Die Abwurfwinkel sind $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$ und $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Mit welchem zeitlichen Abstand Δt müssen die beiden Bälle abgeworfen werden, damit Sie später miteinander kollidieren?



Aufgabe 4: Wurf bei Wind

Ein Ball wird aus einer Höhe $h_0 = 1 \text{ m}$ senkrecht nach oben geworfen. Die Abwurfgeschwindigkeit beträgt $v_0 = 10 \text{ m/s}$. Während des Wurfes weht Wind, der den Ball mit einer konstanten Beschleunigung $a_{\text{Wind}} = 2 \text{ m/s}^2$ nach rechts beschleunigt.

Wie weit vom Abwurfspunkt entfernt kommt der Ball auf dem Boden auf?

Abb. 1: Eingesetzter Aufgabenzettel

Ergebnisse: Lösungserfolg

Der Lösungserfolg stellt sich als sehr gemischt dar. Lediglich 9 der 35 Studierenden kann für alle vier Aufgaben einen nutzbaren Lösungsansatz produzieren, 4 Probanden schaffen dies für keine der gestellten Aufgaben. Vor dem Hintergrund der Annahme der Existenz eines auf alle Aufgaben zur Lösung anwendbaren Problemschemas überrascht vor allem die große Varianz des Lösungserfolgs. Nur in wenigen Fällen gelingt es Probanden, Übertragbarkeiten des Ansatzes zu identifizieren. In den meisten Fällen suchen die Studierenden bei jeder Aufgabe neu nach einem Ansatz.

Ergebnisse: Schwierigkeiten

Die drei Schwierigkeitstypen zur Problemrepräsentation treten vor allem bei Studierenden mit geringerem Lösungserfolg auf. Hier fällt es schwer die drei Koordinaten beim schrägen Wurf (x, y, t) gleichzeitig zu erfassen oder z. B. in einem Diagramm darzustellen. Auch der Begriff „Ortskurve“ wird nicht verstanden oder mit einem Begriff aus der schulischen Kurvendiskussion verwechselt. Einige der schwächsten Probanden versuchen, diese

Schwierigkeiten mit einer unstrukturierten Internetrecherche zu kompensieren, indem sie wahllos nach Begriffen aus dem Aufgabentext suchen, ohne jedoch eine sichtbare Vorstellung davon zu haben, welches Suchergebnis weiterhelfen könnte.

Über die Hälfte der Probanden zeigt Schwierigkeiten, einen Lösungsansatz zu finden. So haben 19 Studierende bei mindestens einer Aufgabe (aber häufig bei mehreren Aufgaben) keine Vorstellung davon, mit welcher Formel man sie lösen könnte. 21 Studierenden ist zu irgendeinem Zeitpunkt während der Aufgabenlösung nicht klar, wie weiter vorgegangen werden könnte. Das liegt u. a. daran, dass lange und unübersichtliche Rechnungen überfordern, das Ziel aus den Augen verloren oder „im Kreis“ gerechnet wird.

Etwa ein Drittel der Studierenden zeigt in der schriftlichen Aufgabenlösungen fehlerhafte mathematische Notation (verbreitet sind z. B. falsche Vektorschreibweisen). 8 Probanden mangelt es an algebraischen Fähigkeiten, davon können 6 keine quadratischen Gleichungen auflösen. Weitere 9 Personen äußern im Interview Unbehagen oder auch Schwierigkeiten beim Arbeiten mit Formelzeichen/Variablen ohne konkrete Zahlenangaben, was als mangelnde Anpassung an die Aufgabekultur der Universität aufgefasst werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Resultate des Problemlösetests können insgesamt als Ernüchternd eingeschätzt werden. Fast alle Probanden (32 von 35) zeigen verschiedene Schwierigkeiten bei der Aufgabenlösung. Besonders prominent sticht hier das Finden einer passenden Formel und das weitere Rechnen damit hervor. Diese Fähigkeit sollte im Studium normalerweise geübt werden, zumal es sich bei den Aufgaben um solche handelt, von denen die jeweiligen Lehrenden in einer Befragung angaben, dass die Studierenden sie zum Befragungszeitpunkt beherrschen sollten.

Bemerkenswert ist weiterhin das häufige Auftreten von Schwierigkeiten bei der Problemrepräsentation und ein unstrukturiertes Rechercheverhalten bei den schwächeren Probanden, wohingegen mathematische Schwierigkeiten auch noch bei sehr fähigen Probanden festgestellt werden können.

Eine Reihe der hier aufgezeigten Schwierigkeiten wäre im normalen Übungsbetrieb wahrscheinlich kaum aufgefallen, da dort vor allem fertige Lösungen „zählen“ (und ggf. beschafft werden müssen), die Details des Lösungsprozesses aber weder beobachtet noch nachhaltig beeinflusst werden (können).

Literatur

- Bing, T., & Redish, E. F. (2009). Analyzing problem solving using math in physics: Epistemological framing via warrants. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5(2).
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 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.
- Haak, I. (2016). Was macht eine gute Übung aus? Ein Vergleich von Vorstellungen zum physikalischen Übungsbetrieb. *die Hochschullehre*, 2, 1–25.
- Larkin, J. H. (1983). The Role of Problem Representation in Physics. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (pp. 75–98). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Reinhold, P., Lind, G., & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5(1), 41–62.
- Savelsbergh, E. (1998). *Improving Mental Representations in Physics Problem Solving*. Enschede: Twente University.
- Schultz, K., & Lochhead, J. (1991). A View from Physics. In M. U. Smith (Ed.), *Toward a unified Theory of Problem Solving: Views from the Content Domains*. (pp. 99–114). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Simon, D. P., & Simon, H. A. (1978). Individual differences in solving physics problems. In R. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* (pp. 325–348). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Smith, M. U. (1991). A View from Biology. In M. U. Smith (Ed.), *Toward a unified Theory of Problem Solving: Views from the Content Domains*. (pp. 1–19). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- VanLehn, K. (1989). Problem Solving and Cognitive Skill Acquisition. In M. L. Posner (Ed.), *Foundation of Cognitive Science* (pp. 527–579). Cambridge, MA: MIT Press.
- Wilcox, B. R., Caballero, M. D., Rehn, D. A., & Pollock, S. J. (2013). Analytic framework for students' use of mathematics in upper-division physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2).
- Woitkowski, D. (2018). Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium: Vorstellung des Forschungsprojektes KEMΦ. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Würzburg*, 125–131.
- Woitkowski, D. (2019). Erhebung der Problemlösefähigkeit im Physikstudium: Vorstellung eines Erhebungsverfahrens. In C. Maurer (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (pp. 492–495). Regensburg: Universität Regensburg.
- Woitkowski, D. (2020). Ressourcen zur Problemlösung: Problemschemata. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (pp. 373–376). Duisburg-Essen: Universität Duisburg-Essen.
- Woitkowski, D., & Reinhold, P. (2018). Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben: Pilotergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik. In C. Maurer (Ed.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht: Normative und empirische Dimensionen* (pp. 726–729). Regensburg: Universität Regensburg.