

André Meyer¹
Anett Hoppe²
Gunnar Friege¹

¹Leibniz Universität Hannover – AG Physikdidaktik
²TIB – Leibniz Informationszentrum

Adaptives Problemlösetraining zu Energie quantitativ Beitrag zum Postersymposium des Graduiertenkollegs LernMINT

LernMINT ist ein Graduiertenkolleg, das im Rahmen des Niedersächsischen Promotionsprogramms gefördert wird (Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Niedersachsen, Förderphase 2019-2024). Beteiligt am Graduiertenkolleg sind Institute und Personen der Leibniz Universität Hannover, der Ostfalia Hochschule, der Hochschule Hannover und dem TIB Leibniz Informationszentrum. Das Ziel von LernMINT ist es, die Chancen, Begrenzungen und Risiken des datengestützten Lehrens und Lernens interdisziplinär zu erforschen und dabei insbesondere die gezielte Entwicklung sowie fachdidaktische Evaluierung von datengestützten, intelligenten Methoden für den Unterricht in den MINT-Fächern.

Im Rahmen des Postersymposiums wurden fünf der insgesamt 14 Promotionsprojekte aus dem Programm vorgestellt. Unter anderem wegen des Einflusses der Corona-Pandemie wurde die Suche der Stipendiaten für das Promotionsprogramm erschwert. Dadurch befinden sich einige Projekte bereits kurz vor dem Abschluss, wogegen andere Projekte in früheren Stadien sind. Das hier vorgestellte Projekt befindet sich in seinem ersten Jahr und befasst sich mit der Entwicklung eines adaptiven Problemlösetrainings zum Thema Energie quantitativ für den Physikunterricht in der Sekundarstufe I.

Das vorgestellte Projekt

Wie unter anderem die Ergebnisse von PISA 2018 (OECD, 2019) nahelegen, stellt die kreative und selbstständige Anwendung von naturwissenschaftlichem Wissen auf verschiedene Situationen eine große Herausforderung für Schülerinnen und Schüler dar. Diese höchste Stufe der naturwissenschaftlichen Kompetenz erreichen im OECD-Schnitt nur etwa sieben Prozent der Lernenden (OECD, 2019, S.116). Physikalische Probleme bilden ein Aufgabenformat, das die Bearbeitenden vor genau diese Herausforderung stellt, da abstraktes physikalisches Fachwissen in alltagsähnlichen Situationen identifiziert und zur Lösung der Probleme angewandt werden muss. Die Bedeutung des Problemlösens in der Physik spiegelt sich auch in den curricularen Vorgaben des Landes Niedersachsen wider. Darin wird als allgemeines Merkmal von Kompetenzen festgelegt: „Sie zielen ab auf die erfolgreiche und verantwortungsvolle Bewältigung von Aufgaben und Problemstellungen“ (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015, S6). Aus diesen Tatsachen lässt sich der Auftrag an die physikdidaktische Forschung ableiten, Verfahren zur besseren Förderung dieser Kompetenzen bei den Lernenden zu entwickeln.

Der Begriff des Problems und des Problemlösens wird in der Physikdidaktik aber auch darüber hinaus kontrovers diskutiert (z. B. Friege, 2001; Brandenburger, 2016). Im hier beschriebenen Promotionsprojekt soll ein Problem im Sinne der Definition von Smith (1991) betrachtet werden. Die zu lösenden Probleme werden so formuliert, dass sie eine Vernetzung von konzeptionellem Wissen mit mathematischen Methoden erfordern, um angemessene Annahmen zu treffen sowie die mathematische Modellierung und Lösung zu ermöglichen. Es

wird dagegen darauf verzichtet, gezielt Barrieren in die Aufgaben zu integrieren, um ihren Schwierigkeitsgrad zu erhöhen. Die Existenz einer Barriere ist in sogenannten Gap-Definitionen wie der von Dörner (1976) das zentrale Unterscheidungsmerkmal von Problem und (Routine-)Aufgabe.

Die Probleme für die zu entwickelnde Lernumgebung werden auf Basis dieser Definition aus verschiedenen Schulbüchern sowie der Lernumgebung des Promotionsprojektes von Dudzinska (2020) gesammelt und aufgearbeitet.

Das Problemlösen verstehen wir als einen Prozess nach dem Modell des wissenszentrierten Problemlösens nach Friege (2001). In diesem Modell sind Problemlöseprozesse wechselseitig mit Wissenskomponenten vernetzt. Diese Wissenskomponenten bestehen im Wesentlichen aus einem hierarchisierten und vernetzten Faktenwissen sowie vorliegenden Problemschemata, die aus Erfahrungen mit vorherigen Problemen entstanden sind. Der Prozess der Problemlösung beinhaltet bis zu vier Phasen beginnend mit der Problemrepräsentation, der Erarbeitung oder Auswahl eines Problemschemas, der Ausarbeitung einer Lösung und schließlich der Evaluation der Lösung (Friege, 2001, S.76ff). In der zu entwickelnden Lernumgebung sollen diese Phasen präsentiert und durchlaufen werden, um mit den Schülerinnen und Schülern eine Sammlung von Problemschemata zu trainieren und sie dadurch für eine selbstständige Problemlösung zu qualifizieren.

Zur Vermittlung der Kompetenzen wollen wir auf die interdisziplinär intensiv beforschte Methode der Beispielaufgaben (worked-out examples) zurückgreifen (z.B. Atkinson et al., 2000; Hilbert et al., 2008). Eine Beispielaufgabe besteht grundsätzlich aus einer Problembeschreibung bzw. Aufgabenstellung, einem Lösungsweg und einer Lösung. Es gibt jedoch einige Möglichkeiten, eine Beispielaufgabe an den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen, wie die Vollständigkeit des Lösungsweges oder das Vorhandensein von Erklärungen (Dudzinska, 2020).

In der Lernumgebung werden die Probleme als Beispielaufgaben aufgearbeitet. Das heißt, sie werden unter Verwendung eines Problemschemas gelöst und die Lösung inklusive der Lösungsschritte den Lernenden präsentiert. Zusätzlich sollen zentrale Stellen des Lösungsweges um Erklärungen ergänzt werden. Im Verlauf der Bearbeitung sollen die systemseitigen Erklärungen reduziert und die Lernenden zum Selbsterklären aufgefordert werden. Weiterhin werden die Beispielaufgaben zunehmend unvollständig, wodurch die Schülerinnen und Schüler immer größere Abschnitte der Problemlösung selbstständig ausführen müssen.

Um den Lernzuwachs durch die Lernumgebung zu erheben, steht ein in der AG Physikdidaktik entwickelter Energietest zur Verfügung. Der Energietest wurde im Rahmen vorangegangener Projekte (z. B. Dudzinska, 2020) entwickelt und im Rahmen von LernMINT erweitert. Eine Pilotierung dieses Messinstrumentes konnte bereits zeigen, dass die Items Rasch-skaliert sind und sich für die Messung des konzeptionellen Wissens zum Thema Energie eignen.

Ausblick auf den weiteren Verlauf des Projektes

Nach der Entwicklung des Energietests zur Messung des Fachwissens soll nun ein Messinstrument zur digitalen Erhebung der prozessbezogenen Kompetenzen im Bereich des physikalischen Problemlösens entwickelt werden. Nachdem bereits einige einzelne adaptive

Elemente für die Lernumgebung fertiggestellt wurden, sollen diese Module nun zu einer zusammenhängenden Lernplattform erweitert werden.

Im Rahmen einer Pilotstudie sollen im Jahr 2024 erste Daten über die Benutzung der Lernumgebung durch Schülerinnen und Schüler gesammelt werden. Dabei sollen neben den Ergebnissen aus den Kompetenztests auch Logdaten erhoben werden, die uns einen Einblick in die Interaktion zwischen Lernenden und Lernumgebung ermöglichen.

Mithilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens sollen die so gewonnenen Daten genutzt werden, um eine automatisierte Adaptivität der Lernumgebung implementieren zu können. Die Adaptionen sollen dafür sorgen, dass die Lernenden auf sie zugeschnittenes Feedback erhalten, wenn sie es benötigen und die Vollständigkeit der Beispielaufgaben ihre Bedürfnisse abdeckt.

Literatur

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A. & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. In: Review of Educational Research 70 (2)
- Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden. In: Studien zum Physik- und Chemielernen, 218, Berlin: Logos Verlag.
- Dörner, D. (1976). Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart: Kohlhammer.
- Dudzinska, M. (2020). Lernen mit Beispielaufgaben und Feedback im Physikunterricht der Sekundarstufe 1. Energieerhaltung zur Lösung von Aufgaben nutzen. In: Studien zum Physik- und Chemielernen, 288. Berlin: Logos Verlag.
- Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen. Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs. In: Studien zum Physiklernen, 19, Berlin: Logos Verlag.
- Hilbert, T. S., Renkl, A., Schworm, S., Kessler, S. & Reiss, K. (2008). Learning to teach with worked-out examples: a computer-based learning environment for teachers. In: Journal of Computer Assisted Learning 24 (4), S. 316-332.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2015). Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5-10 Naturwissenschaften in der Fassung vom 30.06.2021.
- OECD (2019). PISA 2018 Results (Volume I). What students Know and Can Do, PISA. Paris: OECD Publishing.
- Smith, M. U. (1991). Toward a unified theory of problem solving. Views from the content domains. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.