

Problemlösen im Physikunterricht: Lerngelegenheiten und Assessment?

Problemlösen im Physikunterricht

Problemlösen (PL) in außerschulischen Situationen wird als zentrales Anwendungsfeld des im Unterricht erworbenen physikalischen Fachwissens angesehen (Reinhold, Lind & Friege, 1999). In alltäglichen Problemsituationen sollen Lernende so agieren können, dass sie ohne zur Verfügung stehende Routinemethoden unter Einsatz von Fachwissen und Heuristiken einen gewünschten Zielzustand erreichen können (Klieme, Funke, Leutner, Reimann & Wirth, 2001).

Zoller (2003) bezeichnet die Vermittlung von Problemlösekompetenz und deren Teilkompetenzen als Primärziel von naturwissenschaftlichem Unterricht. Durch Einführung der Bildungsstandards in Deutschland sollen im Physikunterricht Inhalte und Methoden für „für das Fach typische Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme“ in vier Kompetenzbereichen vermittelt werden (Kultusministerkonferenz, 2004, S. 6). Im höchsten Anforderungsbereich (AFB) sollen Lernende in der Lage sein, als Teilfähigkeiten des Problemlöseprozesses Wissen zu „transferieren und [zu] verknüpfen“ (AFB Fachwissen; Kultusministerkonferenz, 2004, S. 13), „Fachmethoden problembezogen aus[zu]wählen und an[zu]wenden“ (AFB Erkenntnisgewinnung; Kultusministerkonferenz, 2004, S. 13), sowie „Eigene Bewertungen vor[zu]nehmen“ (AFB Bewertung; Kultusministerkonferenz, 2004, S. 14).

Im Physikunterricht werden zur Vermittlung solcher Fähigkeiten verschiedene Methoden verwendet (z.B. Girwitz, 2010). Zum Erreichen höherer Fähigkeiten im Bereich Fachwissen werden im Schulunterricht häufig textgebundene analytische Problemlöseaufgaben eingesetzt (z. B. „Übungsaufgaben“, „Transferaufgaben“; Reinhold et al., 1999, S. 41). Diese erfordern von Lernenden das Anwenden von Fachwissen auf andere Kontexte zur Lösung einer Problemstellung und werden typischerweise nach der Erarbeitung neuer Fachinhalte eingesetzt (Kauertz & Fischer, 2010; Reinhold et al., 1999).

Zur Förderung von Fähigkeiten aus den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung und Bewertung werden im Schulunterricht häufig Experimente eingesetzt (Girwitz, 2010). Klahr und Dunbar (1988) beschreiben den Prozess des Experimentierens als Wechselspiel aus theoriebasiertem Generieren von Hypothesen und deren Überprüfung an einem experimentellen Aufbau durch gezielte Variation von Variablen. Höttecke und Rieß (2015, S. 133) fügen hinzu, dass Experimentieren von „maßvollem Eingreifen“ in den Versuchsaufbau charakterisiert ist und auch die Identifikation von Fehlern und den Umgang mit diesen erfordert. Hammann, Phan und Bayrhuber (2008), sowie Hopf (2007) zeigen zudem, dass sich Methoden des hypothesengeleiteten Experimentierens auch als Strategien zum Problemlösen eignen.

Passung von Lerngelegenheiten und Assessment

Im Rahmen der Bildungsstandards sollen Vergleichsstudien zu fachspezifischen Fähigkeiten zur Evaluation und Entwicklung von Schulunterricht genutzt werden (Kultusministerkonferenz & IQB, 2010). Diese werden auf internationaler Ebene um Schulleistungsstudien wie PISA oder TIMSS ergänzt (Leutner, Funke, Klieme & Wirth, 2005). Die hier überprüften Kompetenzen sind jedoch nicht mehr curricular verankert, stattdessen wird von „normativen

Vorstellungen einer breiten mathematisch-naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung“ (Klieme et al., 2001, S. 180) ausgegangen.

Im Rahmen von PISA und TIMSS wird die Problemlösefähigkeit von Lernenden erhoben. Bei TIMSS wird Problemlösen als höchstmögliche Ausprägung von Fachkompetenz angenommen, wogegen man bei PISA von einem domänenübergreifenden Konstrukt ausgeht, dessen Trennbarkeit von domänenspezifischem Wissen nachgewiesen werden konnte (Klieme et al., 2001; Leutner, Fleischer, Wirth, Greiff & Funke, 2012; Mullis & Martin, 2011). Mit Hinweis auf die Relevanz für außerschulische Anwendungssituationen wird Problemlösefähigkeit in PISA mithilfe „vorwissensneutraler“ (Greiff & Fischer, 2013, S. 38) Problemstellungen erhoben, die möglichst nah an lebenspraktische Kontexte angelehnt sind (Klieme et al., 2001). Zudem wird im Rahmen der PISA-Erhebungen von verschiedenen, empirisch trennbaren Problemtypen ausgegangen, die sich in ihrem Interaktionsbedarf unterscheiden (Leutner et al., 2012):

Analytische Probleme (Leutner et al., 2012) konfrontieren Lernende mit einer textbasierten Problembeschreibung, die alle zur Lösung nötigen Informationen enthält und die ggf. durch Deduktion abgeleitet und vor einem fachlichen Hintergrund interpretiert, oder auf ein kognitiv handhabbares Maß reduziert werden müssen. Zur Lösung des Problems muss auf theoretischer Ebene ein Lösungsvorgehen entwickelt und beschriftet werden. Eine Interaktion mit der Problemsituation ist nicht möglich.

Komplexe Probleme (Greiff & Fischer, 2013) konfrontieren den Lernen mit einer unvollständigen Problemsituation. Um fehlende Informationen über das System zu erschließen, muss der Lernende mit der Problemsituation interagieren. Die vollständige Lösung des Problems erfordert dabei die Lösung atomarer Teilprobleme.

Trotz der curricularen und fachinhaltlichen Entkopplung sieht die Konzeption von PISA vor, dass die erhobenen Fähigkeiten vorrangig im Schulunterricht vermittelt werden sollen (Klieme et al., 2001). Für den Physikunterricht ergibt sich damit die Frage nach der Passung zwischen den curricular verankerten Kompetenzzielen und den Problemtypen, die im Rahmen von PISA erhoben wurden. Höttecke und Rieß (2015) stellen als wesentliches Trennungsmerkmal von textgebundenen Lerngelegenheiten und Experimenten die Notwendigkeit der aktiven Interaktion heraus. Bei Betrachtung von analytischen und komplexen Problemen findet sich ein vergleichbarer Unterschied. Unklar ist jedoch, inwiefern sich eine Verbindung zwischen interaktiven und nicht-interaktiven fachgebundenen Lerngelegenheiten und Problemtypen aus Large-Scale-Assessments herstellen lässt.

Forschungsfragen

Zur Untersuchung der Passung von Lerngelegenheiten für Problemlösen und dem Assessment in PISA sollen drei Fragen untersucht werden:

Wie hängen Fähigkeiten zur Lösung unterrichtsnaher analytischer und experimenteller Probleme zusammen mit der Fähigkeit zur Lösung von Problemen, die

1. physikalisch komplex sind?
2. domänenübergreifend analytisch/komplex sind?
3. Wie hängen physikspezifische und domänenübergreifende komplexe Problemlösefähigkeit zusammen?

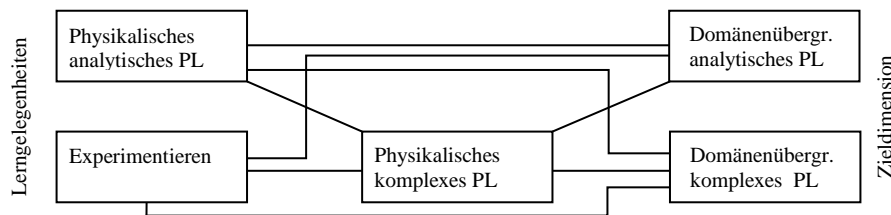


Abb. 1: Mögliches Zusammenhangsmodell

Methode

Zur Untersuchung der Forschungsfragen soll das in Abb. 1 dargestellte Zusammenhangsmodell untersucht werden. Dazu sollen domänenübergreifende und domänenspezifische Problemlösefähigkeit für analytische und komplexe Problemstellungen, Fachwissen, Experimentierfähigkeit und zu Validierungszwecken kognitive Fähigkeiten generell und insbesondere die Facette schlussfolgerndes Denken erhoben werden (Wüstenberg, Greiff & Funke, 2012). Zur Erhebung der domänenübergreifenden Problemlösefähigkeit, sowie kognitiver Fähigkeiten werden bestehende Instrumente eingesetzt (vgl. Tab.1), Instrumente zur Erhebung von domänenspezifischem Wissen und Problemlösefähigkeit zum Inhaltsbereich mechanische Arbeit werden selbst entwickelt (vgl. Tab. 1).

Zur Ermittlung von Zusammenhängen mithilfe von Strukturgleichungsmodellen sollen pro Testinstrument Stichproben von mindestens 200 Lernenden der zehnten Klasse an Gymnasien in Rheinland-Pfalz getestet werden.

| Eigenentwicklungen | Fremdentwicklungen |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Fachwissenstest (BA Fabian Krecinszek) | Analytisches domänenübergreifendes PL (OECD, 2004) |
| Experimentiertest (Ziel: Lösung eines Problems, vgl. Hammann et al., 2008) | Komplexes domänenübergreifendes PL (MicroDYN, Greiff & Fischer, 2013) |
| Physikalisches analytisches PL | Mini-q Intelligenzscreening (Baudson & Preckel, 2015) |
| Physikalisches komplexes PL | IST 2000R: Schlussfolgerndes Denken (Liepmann, Beauducel, Brocke & Amthauer, 2007) |

Tab. 1: Übersicht über Entwicklung und Einsatz von Instrumenten

Ausblick

Der physikalische Problemlösetest soll durch verhaltensbasiertes Scoring eine validere Messung domänenspezifischer Problemlösefähigkeit ermöglichen (Scherer, 2015). Diese soll diskriminant, sowie durch Experten validiert werden. Die selbst konstruierten Instrumente werden in der ersten Hälfte des Schuljahres 2016/17 pilotiert.

Die geplanten Analysen sollen Aufschluss über die strukturellen Zusammenhänge von Fachwissen, domänenspezifischer und domänenübergreifender Problemlösefähigkeit geben. Dadurch soll einerseits geklärt werden, ob large-scale-Assessments messen, was im Unterricht gelernt wird, und andererseits welcher Zusammenhang zwischen Problemtypen und Lerngelegenheiten besteht.

Literaturverzeichnis

- Baudson, T. G. & Preckel, F. (2015). mini-q. Intelligenzscreening in drei Minuten. *Diagnostica*, 1-16.
- Girwidz, R. (2010). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 203-264). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Greiff, S. & Fischer, A. (2013). Der Nutzen einer komplexen Problemlösekompetenz. Theoretische Überlegungen und empirische Befunde. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 27 (1-2), 27-39.
- Hammann, M., Phan, T. H. & Bayrhuber, H. (2008). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft (Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft, Bd. 8, S. 33-49)*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden. Zugriff am 27.06.2016.
- Hopf, M. (2007). *Problemorientierte Schülerexperimente (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 68)*. Univ., Diss.--München, 2007. Berlin: Logos-Verl. Verfügbar unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3018834&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm
- Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 127-139.
- Kauertz, A. & Fischer, H. E. (2010). Standards und Physikaufgaben. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 663-688). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12 (1), 1-48.
- Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P. & Wirth, J. (2001). Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 47 (2), 179-200.
- Kultusministerkonferenz. (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. Zugriff am 28.06.2016.
- Kultusministerkonferenz & IQB. (2010). *Konzeption der Kultusministerkonferenz zur Nutzung der Bildungsstandards für die Unterrichtsentwicklung*. Köln: Link.
- Leutner, D., Fleischer, J., Wirth, J., Greiff, S. & Funke, J. (2012). Analytische und dynamische Problemlösekompetenz im Lichte internationaler Schulleistungsvergleichsstudien. *Psychologische Rundschau*, 63 (1), 34-42.
- Leutner, D., Funke, J., Klieme, E. & Wirth, J. (2005). Problemlösefähigkeit als fächerübergreifende Kompetenz. In E. Klieme, D. Leutner & J. Wirth (Hrsg.), *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern* (S. 11-19). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Liepmann, D., Beauducel, A., Brocke, A. & Amthauer, R. (2007). *Intelligenz-Struktur-Test 2000 R* (2. Aufl.). Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Mullis, I. V. & Martin, M. O. (IEA, Hrsg.). (2011). *TIMSS 2011 Item Writing Guidelines*, IEA. Zugriff am 16.08.2016. Verfügbar unter http://timssandpirls.bc.edu/methods/pdf/T11_Item_writing_guidelines.pdf
- OECD. (2004). *The PISA 2003 Assessment Framework: OECD Publishing*.
- Reinhold, P., Lind, G. & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5 (1), 41-62.
- Scherer, R. (2015). Is it time for a new measurement approach? A closer look at the assessment of cognitive adaptability in complex problem solving. *Frontiers in psychology*, 6, 1664.
- Wüstenberg, S., Greiff, S. & Funke, J. (2012). Complex problem solving — More than reasoning? *Intelligence*, 40 (1), 1-14.
- Zoller, U. (2003). HOCS Problem Solving vs. LOCS Exercise Solving: What Do College Science Students Prefer? In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tsifas, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos & M. Kallery (Eds.), *Science Education Research in the Knowledge-Based Society* (pp. 201-207). Dordrecht: Springer.