Marie-Annette Geyer Gesche Pospiech

Mathematik im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 - Darstellungen funktionaler Zusammenhänge

Die Mathematik nimmt in der Physik verschiedene wesentliche Rollen ein. Sie ist nicht nur ein Werkzeug zum Quantifizieren, zum Kommunizieren und zur Erkenntnisgewinnung, sondern hat in der Physik auch eine strukturierende Funktion (Uhden, 2012; Krey, 2012). Bereits für die Sekundarstufe 1 wird über zentrale Vorgaben, zum Beispiel den nationalen Bildungsstandards, eine angemessene Mathematisierung im Physikunterricht gefordert. Dabei sollen unter anderem funktionale Zusammenhänge und ihre fachtypischen Darstellungen im Mittelpunkt stehen (KMK, 2004).

Funktionale Zusammenhänge und ihre Darstellungen beziehen sich im Physikunterricht jedoch nicht nur auf die technische Rolle der Mathematik, die den Werkzeugcharakter der Mathematik beschreibt. Funktionale Zusammenhänge sind im Physikunterricht vielmehr im Sinne der strukturierenden Rolle der Mathematik zu betrachten, denn die mathematischen Elemente erfordern eine physikalische Interpretation.

Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge

Im Physikunterricht verwendet man zur Darstellung funktionaler Zusammenhänge Tabellen, Diagramme, Formeln und Verbalisierungen. Da jede Darstellungsform ihre Vor- und Nachteile hat, um bestimmte Charakteristika eines funktionalen Zusammenhangs oder Schlussfolgerungen abzuleiten, ist es oft hilfreich, eine gegebene Darstellung in eine andere zu transformieren. Die möglichen Darstellungswechsel sind in Abbildung 1 dargestellt. Nitsch et al. (2014) konnten in der Mathematikdidaktik zeigen, dass sich die Kompetenzen von SchülerInnen anhand der Übergänge zwischen den Darstellungen unterscheiden lassen.

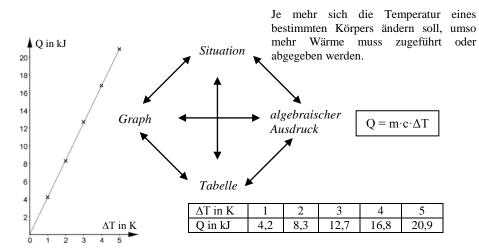


Abbildung 1: Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht (modifiziert nach Nitsch et al., 2014)

Überträgt man die von Höfer (2008) beschriebenen Szenarien für jeden möglichen Übergang zwischen den Darstellungen auf den Physikunterricht, ergeben sich die in Tabelle 1 aufgeführten Konkretisierungen. Hierbei sind ebenfalls Übergänge zwischen gleichen Darstellungsformen berücksichtigt, die mithilfe mathematischer Operationen neue (physikalische) Informationen erzeugen. Auf Übergänge zwischen verschiedenen Ebenen der verbalen Beschreibung (reine Situationsbeschreibung bis hin zur Verbalisierung mathematischer Zusammenhänge) wird an dieser Stelle jedoch verzichtet.

Tabelle 1: Szenarien für Darstellungswechsel im Physikunterricht (nach Höfer, 2008). Die grau hinterlegten Szenarien für die Übergänge innerhalb einer Darstellungsform deuten an, dass in ihnen neue Informationen generiert werden.

	Situation / verbale Beschreibung	Graph	algebraischer Ausdruck	Tabelle
Situation / verbale Beschreibung	-	Eintragen von (Mess-) Punkten, Skizzieren eines Graphen	Aufstellen eines algebraischen Ausdrucks	Tabellarisieren von (Mess-) Werten
Graph	Auslesen von Werten und anschließendes Interpretieren, Interpretieren eines Graphen	Skizzieren eines Graphen für eine weitere physikalische Größe	Aufstellen eines algebraischen Ausdrucks durch Betrachten des Kurvenverlaufs	Auslesen und Tabellarisieren einzelner Werte
algebraischer Ausdruck	Interpretieren (evtl. nach Berechnung von Werten), Versprachlichen einer Formel	Eintragen berechneter Wertepaare, Skizzieren eines Graphen	Verknüpfen von algebraischen Ausdrücken	Tabellarisieren berechneter Werte
Tabelle	Quer- oder Längslesen und Beschreiben	Eintragen von Wertepaaren, Skizzieren eines Graphen	Aufstellen eines algebraischen Ausdrucks, Regression	Tabellarisieren abgeleiteter physikalischer Größen

Für Darstellungswechsel in der Mathematik konnte gezeigt werden, dass einige Übergänge schwieriger sind als andere. Bossé et al. (2011) entwickelten aus Ergebnissen verschiedener Studien und der Betrachtung zusätzlicher Aspekte (z. B. Merkmalsdichte einer Darstellung, Verwendung zusätzlicher Übergangsdarstellungen) eine Kategorisierung der Darstellungswechsel bezüglich verschiedener Schwierigkeitsstufen. Diese lässt erkennen, dass alle Übergänge, die eine verbale Beschreibung enthalten, zu den schwierigsten Darstellungswechseln zählen.

Aus den aufgeführten Ergebnissen ließe sich vermuten, dass auch Darstellungswechsel zwischen graphischen und algebraischen Darstellungen im Physikunterricht durch die enge Verflechtung mit einer physikalischen Situation (und damit mit einer verbalen Beschreibung) generell schwieriger sind, als die entsprechenden Übergänge im Mathematikunterricht. Erste Hinweise für diese Vermutung lassen sich beispielsweise bei Planinic et al. (2013) finden.

Fragestellungen

Mithilfe folgender Fragestellungen soll das aufgezeigte Forschungsfeld näher untersucht werden:

Wie bearbeiten SchülerInnen physikalisch-mathematische Problemaufgaben, die verschiedene Darstellungen funktionaler Zusammenhänge enthalten bzw. erfordern?

- Welche typischen Bearbeitungsmuster gibt es?
- Wie werden graphische, algebraische und verbale Darstellungen verknüpft?

Welche Schwierigkeiten haben SchülerInnen bei der Bearbeitung physikalischmathematischer Problemaufgaben, die Darstellungswechsel enthalten?

- Helfen Graphen als zusätzliche Übergangsdarstellung beim Wechsel zwischen verbaler und algebraischer Darstellung?

Studiendesign

Für den Teilbereich der Wärmelehre werden physikalisch-mathematische Problemaufgaben entwickelt. SchülerInnen der 8. Klassenstufe bearbeiten diese in Partnerarbeit an einer interaktiven Tafel und werden aufgefordert, dabei laut zu denken. Die schriftlichen und verbalen Äußerungen der SchülerInnen werden aufgezeichnet. Im Anschluss wird einer der Partner nachbefragt.

Die erhaltenen Daten werden qualitativ ausgewertet und kategorisiert (deduktiv-induktive Vorgehensweise, Typenbildung).

Um die Stichprobe der Laborstudie einzuordnen, werden ein mathematischer und physikalischer Wissenstest und ein Fragebogen zu Einstellungen zu Formeln und Diagrammen im Physikunterricht verwendet. Für zusätzliche Interpretationshinweise bearbeiten die PhysiklehrerInnen der befragten SchülerInnen einen Fragebogen zur Bedeutung und zum Einsatz von Formeln und Diagrammen im Physikunterricht.

Literatur

Bossé, M. J., Adu-Gyamfi, K. & Cheetham, M. R. (2011). Assessing the Difficulty of Mathematical Translations: Synthesizing the Literature and Novel Findings. International Electronic Journal of Mathematics Education, 6(3), 113-133.

Höfer, T. (2008). Das Haus des funktionalen Denkens. Entwicklung und Erprobung eines Modells für die Planung und Analyse methodischer und didaktischer Konzepte zur Förderung des funktionalen Denkens. Hildesheim, Berlin: Franzbecker.

KMK (2004). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Luchterhand.

Krey, O. (2012). Die Rolle der Mathematik in der Physik. Berlin: Logos Verlag.

Nitsch, R., Fredebohm, A., Bruder, R., Kelava, T., Naccarella, D., Leuders, T. & Wirtz, M. (2014). Students' Competencies in Working with Functions in Secondary Mathematics Education – Empirical Examination of a Competence Structure Model. International Journal of Science and Mathematics Education.

Planinic, M., Ivanjek, L., Susac, A. & Milin-Sipus, Z. (2013). Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts. Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 9, 020103.

Uhden, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht. Berlin: Logos Verlag.