

Tätigkeiten und Schwierigkeiten von SchülerInnen bei Darstellungswechseln funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht

Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge treten im Physikunterricht in verschiedenen Situationen auf, beispielsweise beim Auswerten von Experimenten oder beim Lösen physikalischer Probleme. Um das Vorgehen von SchülerInnen bei Darstellungswechseln genauer beschreiben zu können und dabei auftretende Schwierigkeiten zu charakterisieren, wurde eine explorative Laborstudie durchgeführt. Dieser Artikel stellt zunächst bisherige relevante Befunden aus der Physik- und Mathematikdidaktik vor und beschreibt schließlich erste Ergebnisse der durchgeführten Laborstudie.

Motivation

Betrachtet man im Physikunterricht funktionale Zusammenhänge, so werden diese in unterschiedlicher Weise repräsentiert. Sie können beispielsweise mit Hilfe einer Wertetabelle, eines Graphen, eines algebraischen Ausdrucks oder einer verbalen Beschreibung dargestellt werden. Jeder dieser Möglichkeiten fokussiert dabei auf andere Charakteristika des funktionalen Zusammenhangs.

Da ein physikalischer Zusammenhang in der Regel erst durch die Einnahme verschiedener Perspektiven, d.h. durch die Verwendung verschiedener Repräsentationen, in seiner Gänze verstanden werden kann, ist es für Lernende notwendig, Fähigkeiten für Darstellungswechsel zu entwickeln. Aufgrund der unterschiedlichen Bedeutungszuweisung zu Variablen und mathematischen Operationen in Mathematik und Physik (vgl. Karam et al. 2016) ist davon auszugehen, dass SchülerInnen ihre Fähigkeiten bzgl. Darstellungswechsel aus dem Mathematikunterricht nicht ohne weiteres auf entsprechende Situationen im Physikunterricht übertragen können.

Tätigkeiten bei Darstellungswechseln

Beim Arbeiten mit Repräsentationen lassen sich verschiedene Tätigkeiten unterscheiden. Für den Umgang mit Graphen liegt bereits eine ausführliche Kategorisierung von Lachmayer (2008) für den Biologieunterricht vor, die in Geyer & Pospiech (2016a) auf Beispiele aus dem Physikunterricht übertragen wurde. Es wird dabei vor allem zwischen einer Informationsentnahme aus einem Graphen und der Konstruktion eines Graphen unterschieden. Diese Kategorisierung kann ebenso auf den Umgang mit algebraischen Ausdrücken (Leinhardt et al. 1990, Malle 1993) und Tabellen übertragen werden und wird in Abbildung 1 veranschaulicht. Die verbale Beschreibung lässt sich implizit in den aufgeführten Kategorien wiederfinden. So ist sie beispielsweise Resultat bei einer Informationsentnahme aus einem Graph, einem algebraischem Ausdruck bzw. einer Tabelle oder Ausgangspunkt bei der Konstruktion einer entsprechenden Darstellungsform. Ein Wechsel zwischen Darstellungen in physikalischen Kontexten beinhaltet außerdem den Umgang mit Größenordnungen und Einheiten.

Die in Abbildung 1 aufgeführten Tätigkeiten bei Darstellungswechseln wurden deduktiv abgeleitet und sollen auf Grundlage der durchgeführten Studie induktiv ergänzt und ausdifferenziert werden.

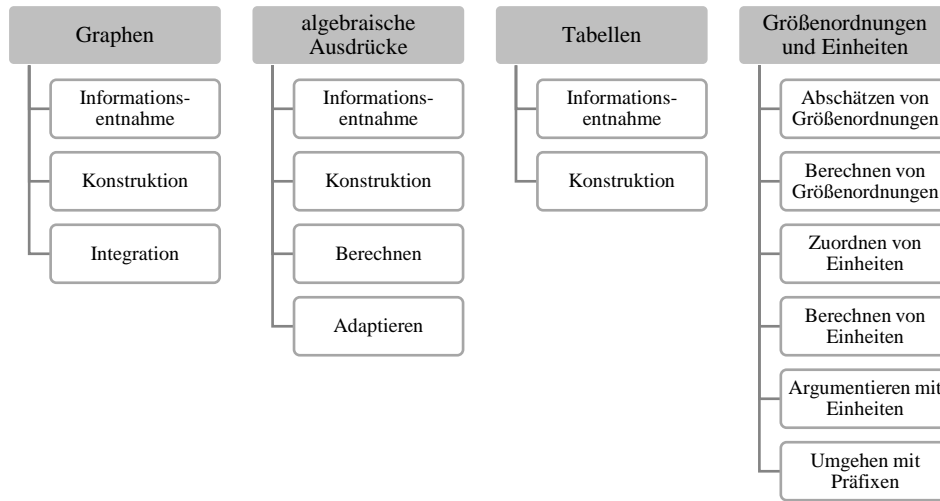


Abb. 1: Tätigkeiten bei Darstellungswechseln (nach Lachmayer 2008, Leinhardt et al. 1990, Malle 1993, Pospiech 2016), bisher kein Anspruch auf Vollständigkeit

Schwierigkeiten der SchülerInnen bei Darstellungswechseln

Wie schwierig ein bestimmter Darstellungswechsel für SchülerInnen erscheint, hängt von vielen Aspekten ab. Bossé et al. (2011) unterscheiden zwischen Faktoren, die die auftretenden Repräsentationen betreffen (z. B. Anzahl der fehlenden Informationen, Merkmalsdichte) und Faktoren, die sich auf die Lernenden beziehen (z. B. Einnehmen einer lokalen oder globalen Perspektive, Verwenden von zusätzlichen Übergangsrepräsentationen als Zwischenschritt). Außerdem spielt die Art und Weise des Unterrichts eine Rolle, d. h. beispielsweise welche Darstellungswechsel gehäuft geübt werden (vgl. Bossé et al. 2011). Bei Nitsch (2015) und De Bock et al. (2016) lassen sich außerdem Hinweise finden, dass die Schwierigkeit auch vom betreffenden mathematischen Inhalt (z. B. Funktionstyp) abhängt. Ist der Darstellungswechsel zudem in einen physikalischen Kontext eingebettet, trägt auch dieser zur Schwierigkeit bei (vgl. Planinic et al. 2013, Wemyss & van Kampen 2013).

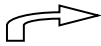
	Situation / verbale Beschreibung	Graph	algebraischer Ausdruck	Tabelle
Situation / verbale Beschreibung	-	schwieriger mit Übergangsrepräsentation	schwieriger mit Übergangsrepräsentation	einfach
Graph	am schwierigsten	-	schwieriger	einfach
algebraischer Ausdruck	am schwierigsten	einfach mit Übergangsrepräsentation	-	einfach
Tabelle	am schwierigsten	einfach	schwieriger	-

Abb. 2: Fünf Schwierigkeitslevel bei Darstellungswechseln in der Mathematik (nach Bossé et al. 2011) Je dunkler ein Wechsel gefärbt ist, desto schwieriger ist er für Lernende.

Bossé et al. (2011) teilen Darstellungswechsel in mathematischen Kontexten in fünf Schwierigkeitslevel ein (vgl. Abbildung 2). Es fällt auf, dass die fünf schwierigsten Darstellungswechsel eine verbale Beschreibung bzw. Situation als Ausgangs- oder Zieldarstellung beinhalten. Vermutlich werden diese Fälle auch in physikalischen Kontexten

besonders schwierig für Lernende sein. Für wiederum andere Darstellungswechsel muss die Schwierigkeit in der Physik sicherlich anders eingeschätzt werden (z. B. für einen Wechsel von einer Tabelle zu einem Graphen inkl. Finden einer physikalisch sinnvollen Regressionskurve). Eine quantitative Studie bzgl. Schwierigkeiten bei den Darstellungswechseln zwischen Tabelle, Graph und algebraischem Ausdruck wird derzeit mit 14- bis 15-jährigen SchülerInnen in Belgien durchgeführt (vgl. Ceuppens et al. 2016). Dabei findet ein Vergleich zwischen rein mathematischen und physikalischen Darstellungswechseln statt.

Erste Ergebnisse aus einer explorativen Laborstudie

In einer Laborstudie bearbeiteten SchülerInnen der Klassenstufe 8 sächsischer Gymnasien physikalisch-mathematische Problemaufgaben, die Darstellungswechsel erforderten. Eine Beschreibung des Studiendesigns und der Auswertungsmethodik lässt sich in Geyer & Pospiech (2016b) finden.

In einer Aufgabe, die sich auf die Grundgleichung der Wärmelehre ($Q = m \cdot c \cdot \Delta T$) bezog, wurden nacheinander beide Richtungen des Darstellungswechsels algebraischer Ausdruck \leftrightarrow Situation/verbale Beschreibung betrachtet. Schwierigkeiten tauchten vor allem bei folgenden Tätigkeiten auf:

- Informationsentnahme aus algebraischen Ausdrücken
- Konstruktion von algebraischen Ausdrücken
- Abschätzen von Größenordnungen

Besondere Schwierigkeiten hatten die Probanden bei der Interpretation und Konstruktion des Terms für die Temperaturdifferenz. Es scheint, dass sie den Term ($T_2 - T_1$), der in der Aufgabe mit konkreten Zahlenwerten ($T_2 > T_1$) gegeben war, eher oberflächlich, ohne Bezug auf das physikalische Konzept der Wärmeübertragung interpretieren. 11 von 17 Paaren sahen in der Formel einen Abkühlungsprozess beschrieben, wobei dieser letztlich von 4 Paaren als eine Abkühlung von T_2 um T_1 charakterisiert wurde (Während der Partnerarbeit wurde diese Möglichkeit sogar von 10 Paaren thematisiert.). Die gleiche Tendenz zeigte sich bei der Konstruktion dieses Terms für eine Abkühlung: 6 von 17 Paaren konstruierten die Differenz so, dass im Subtrahenden die eigentlich Temperaturdifferenz zu finden ist.

In beiden Teilaufgaben konnten die SchülerInnen mit Hilfe eines algebraischen Ausdrucks nicht eindeutig zwischen den Prozessen einer Wärmeaufnahme- und -abgabe unterscheiden. Es fällt außerdem auf, dass beide Prozesse zudem kaum konzeptionell bzw. qualitativ beschrieben wurden. (Ein Blick in die Nachbefragungen nach der Aufgabenbearbeitung wird dazu evtl. weitere Hinweise geben.) Dies lässt vermuten, dass die Wärmeleichung im Unterricht der befragten SchülerInnen vorwiegend für reine Rechenaufgaben genutzt wurde. Um jedoch ein Verständnis einer Formel und ihres Gebrauchs zu fördern, ist es notwendig, den Zusammenhang ebenso mit Hilfe anderer Darstellungen zu beschreiben.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Tätigkeiten von SchülerInnen bei Darstellungswechseln können mit den Kategorien aus Abbildung 1 beschrieben werden. Es deutet sich bereits an, dass sich weitere induktive Kategorien finden lassen, die beispielsweise die Verknüpfung zwischen algebraischem Ausdruck und Graph betreffen.

Die Einschätzung der Schwierigkeiten der SchülerInnen bei Darstellungswechseln muss für physikalische Kontexte erneut erfolgen und kann nicht ohne weiteres aus Ergebnissen für mathematische Kontexte abgeleitet werden. Bisherige Resultate aus der durchgeführten Studie lassen vermuten, dass die befragten SchülerInnen vor allem Probleme haben, bei Darstellungswechseln im Sinne der strukturellen Rolle der Mathematik zu argumentieren. Sowohl die Beschreibung des Prozesses als auch die Schwierigkeiten sollen im Modell für Darstellungswechsel im Physikunterricht (vgl. Geyer & Pospiech 2015) verortet werden.

Literatur

- Bossé, M. J., Adu-Gyamfi, K., Cheetham, M. R. (2011). Assessing the Difficulty of Mathematical Translations: Synthesizing the Literature and Novel Findings. In: *International Electronic Journal of Mathematics Education* 6 (3), 113-133.
- Ceuppens, S., Deprez, J., Dehaene, W., De Cock, M. (2016) Students' representational fluency in linear function problems and physics and mathematics: Does STEM integration help? (talk at GIREP seminar 2016 in Krakow)
- De Bock, D., Neyens, D., Van Dooren, W. (2016). Students' Ability to Connect Functions Properties to different Types of Elementary Functions: An Empirical Study on the Role of External Representations. In: *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- Geyer, M.-A., Pospiech, G. (2016a). Diagramme im Physikunterricht. Hintergründe und Anregungen zur Förderung des Umgangs mit Diagrammen. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik. Mathematik im Physikunterricht*, 153/154 (27), 36-40.
- Geyer, M.-A., Pospiech, G. (2016b). Eine explorative Laborstudie. Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht der Sekundarstufe 1. In: Maurer, C. (Hrsg.). *Authentizität und Lernen-das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2015, 308-310.
- Geyer, M.-A., Pospiech, G. (2015). Darstellungen funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht. Darstellungswechsel in der Sekundarstufe 1. In: *PhyDid B. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Wuppertal 2015*.
- Karam, R., Uhden, O., Höttecke, D. (2016). Das habt ihr schon in Mathe gelernt! Stimmt das wirklich? Ein Vergleich zwischen dem Umgang mit mathematischen Konzepten in der Mathematik und in der Physik. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik. Mathematik im Physikunterricht*, 153/154 (27), 22-27.
- Lachmayer, S. (2008). Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O., Stein, M. K. (1990). Functions, Graphs, and Graphing: Tasks, Learning, and Teaching. In: *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64.
- Malle, G. (1993). Didaktische Probleme der elementaren Algebra.
- Nitsch, R. (2015). Diagnose von Lernschwierigkeiten im Bereich funktionaler Zusammenhänge. Eine Studie zu typischen Fehlermustern bei Darstellungswechseln. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Planinic, M., Ivanjek, L., Susac, A., Milin-Sipus, Z. (2013). Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts. In: *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 9(2).
- Pospiech, G. (2016). Mathematik im Physikunterricht: Warum? Wie? Wozu? Ein didaktischer Überblick zu zentralen Aspekten der Mathematisierung im Physikunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik. Mathematik im Physikunterricht*, 153/154 (27), 2-6.
- Wemyss, T., van Kampen, P. (2013), Categorization of first-year university students' interpretations of numerical linear distance-time graphs. In: *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 9(1).