

Hilfen zum schriftlichen Erklären im Physikunterricht

Erklären physikalischer Phänomene hilft Schülerinnen und Schülern dabei, höhere kognitive Strukturen auszubilden (Braaten & Windschitl, 2011). Darüber hinaus ermöglicht es ihnen, das Einüben einer authentischen, wissenschaftlichen Handlung (Braaten & Windschitl, 2011; Tang 2016; Andrade, Freire & Baptista, 2019). Physikalisches Erklären ist daher ein Teil der Bildungsstandards für Physik (KMK, 2005). Physikalische Erklärungen haben eine fachliche Struktur (Braaten & Windschitl, 2011) und bedürfen spezifischer sprachlicher Mittel (Krabbe, Timmerman & Boubakri, 2019). Diese beiden Dimensionen einer physikalischen Erklärung können bei Schülerinnen und Schülern durch fachliche und sprachliche Hilfestellungen unterstützt werden (Tang, 2016). In einer Vorstudie (Wöhlke & Krabbe, 2021) zur Förderung des schriftlichen Erklärens erhielten Schülerinnen und Schülern den Auftrag, die (gleichmäßig) beschleunigte Bewegung eines startenden Flugzeugs mit den dabei auftretenden Kräften zu erklären. Hierzu sollten sie zuerst zu drei Zeitpunkten des Starts die Geschwindigkeiten und Kräfte als Pfeile in eine Visualisierung einzeichnen und diese dann erklären. Zur Überarbeitung ihrer Erklärung erhielten sie danach unterschiedliche Hilfen. Die Intervention ergab, dass kombinierte Hilfen aus sprachlichen und fachlichen Hinweisen die Qualität der Erklärtexte mehr fördern als rein fachliche oder rein sprachliche Hinweise. Allerdings wurden vermutlich die Erklärungen durch die eingesetzte Visualisierung bereits so vorstrukturiert, dass es insgesamt nur wenige Änderungen gab. Auch wurde in den Texten mehr die Darstellung in der Visualisierung erklärt als der Zusammenhang von Kraft und Bewegung.

Forschungsinteresse

In diesem Beitrag gehen wir daher dem Erkenntnisinteresse nach, welche Qualität sich ohne die visuelle Unterstützung in den Erklärtexten von Schülerinnen und Schülern zeigt, und wie sich diese durch fachlich und sprachlich kombinierte Hilfen dann entwickelt. Dabei werden deskriptiv Unterschiede in der Verbesserung der Qualität der Erklärtexte zwischen der Treatment- und Kontrollgruppe untersucht und es wird analysiert, in welchen Schritten der physikalischen Erklärung diese Verbesserungen auftreten.

Methode

Stichprobe

An der Studie haben insgesamt 38 Schülerinnen und Schüler zweier zehnter Klassen einer Gesamtschule in NRW teilgenommen, davon 17 in der sogenannten Treatmentgruppe und 21 in der Kontrollgruppe.

Durchführung

In beiden Klassen wurde zunächst das Vorwissen zum zweiten Newton'schen Axiom aktiviert. Dazu mussten die Schülerinnen und Schüler aus vorgegebenen Satzteilen physikalisch korrekte Aussagen bilden (z. B. „Die Bewegung eines Körpers ändert sich nur dann, - wenn eine Gesamtkraft auf ihn wirkt“). Anschließend haben die Schülerinnen und

Schüler ein Video gesehen, in dem ein Flugzeug startet, landet und rollt. Dieses Video diente als Stimulus für eine Erklärung. Die Schülerinnen und Schüler erhielten den Auftrag, die im Video sichtbare, beschleunigte Bewegung mit Hilfe wirkender Kräfte schriftlich zu erklären. In der Treatmentgruppe lernten sie anschließend einen strukturellen Rahmen kennen, mit dessen Hilfe physikalische Erklärung geschrieben werden können. Der strukturelle Rahmen besteht aus insgesamt acht Schritten, die an dem Schema der deduktiv-nomologischen Erklärung (Hempel & Oppenheim, 1948) orientiert sind: Für eine physikalische Erklärung soll zuerst das zu Erklärende (das Explanandum) konstituiert werden, indem das physikalische Oberthema benannt und das Phänomen erst alltagssprachlich, dann fachsprachlich erfasst und beschrieben wird. Für die Erklärung (das Explanans) soll dann eine adäquate allgemeingültige Gesetzmäßigkeit herangezogen werden, für die im konkreten Fall gezeigt wird, dass die Bedingungen für ihre Anwendung gegeben sind. Aus der Anwendung der Gesetzmäßigkeit unter den gegebenen Bedingungen werden dann logisch das zu erklärende Phänomen gefolgert und schließlich die wichtigsten Faktoren zusammengefasst. In der Kontrollgruppe wurden anstelle des strukturellen Rahmens lediglich in einem Brainstorming Aspekte für die Überarbeitung der Erklärtexte gesammelt und an der Tafel festgehalten. Hierbei nannten die Schülerinnen und Schüler sehr allgemein die Beschreibung der Situation sowie die Angabe von Regeln und notwendigen Grundlagen als Aspekte. Abschließend sollten die Schülerinnen und Schüler in beiden Gruppen ihre zuvor angefertigten Erklärungen unter den neuen Gesichtspunkten überarbeiten und ihre Überarbeitungen kennzeichnen.

Auswertung

Die Qualität der Drehbücher wurde anhand eines Kodiermanuals beurteilt. Dieses Kodiermanual wurde entlang des strukturellen Rahmens entwickelt. Es umfasst acht Kategorien, die mit 0 bis 3 Punkten beurteilt wurden: (1) Nennen des physikalischen Oberthemas, (2) alltagssprachliche Beschreibung des Phänomens, (3) fachsprachliche Beschreibung des Phänomens, (4) Heranziehen einer Gesetzmäßigkeit, (5) Ableiten der Bedingungen der Gesetzmäßigkeit, (6) Prüfen der Bedingungen am Phänomen, (7) Ableiten des Phänomens aus der Gesetzmäßigkeit, (8) Zusammenfassen der wichtigsten Fakten. Die Intercoderreliabilität der Kategorien zeigt mit Cohens Kappa-Werten von 0,72 bis 1,00 mindestens eine substantielle Übereinstimmung.

Die so erhaltenen quantitativen Daten wurden anschließend mittel deskriptiver Statistik und Vergleich der Mediane (Wilcoxon-Test, Mann-Whitney-U-Test) hinsichtlich der Fragestellung untersucht, ob die Erklärtexte ohne visuelle Hilfen Verbesserungen aufweisen und ob die Erklärungen aus der Treatmentgruppe eine höhere Verbesserung erfahren haben als die Erklärungen aus der Kontrollgruppe.

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die durchschnittlichen Punktzahlen der beiden Gruppen im Vor- und Nachtest in den verschiedenen Kategorien. Die Treatmentgruppe ist im Vortest in den Kategorien 2 und 4 leicht, aber nicht signifikant besser. Die Tabelle über dem Grafen in Abb. 1 gibt die Ergebnisse eines Wilcoxon bzw. Whiteny-Mann-U Test zur Entwicklung innerhalb der Treatmentgruppe und dem Vergleich der Entwicklung zur Kontrollgruppe an. Deskriptiv zeigen sich in der Treatmentgruppe in einigen Kategorien signifikante Verbesserungen. So gibt es beispielsweise eine große Verbesserung in Kategorie 1 – dem Benennen des physikalischen Oberthemas. Hier beträgt die Verbesserung fast zwei Punkte

mit höchstsignifikant starkem Effekt ($r = 0,815$) im Wilcoxon Test. In Kategorie 5, also dem Ableiten der Bedingungen der herangezogenen Gesetzmäßigkeit, zeigt sich eine Verbesserung von etwas mehr als einem halben Punkt mit signifikant starkem Effekt ($r = 0,566$). Ein signifikant mittlerer Effekt ($r = 0,485$) ergibt sich in Kategorie 6 – dem Prüfen der Bedingungen am Phänomen. Mit fast 1,5 Punkten Verbesserung kann für Kategorie 8 – dem Zusammenfassen der wichtigsten Fakten – ein hochsignifikant starker Effekt ($r = 0,723$) nachgewiesen werden. Für die Kontrollgruppe hat der Wilcoxon-Test keine signifikanten Veränderungen gezeigt.

Der Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass zwischen der Treatmentgruppe und der Kontrollgruppe folgende Unterschiede in der Verbesserung der Erklärtexte signifikant sind: In Kategorie 1 – beim Nennen des physikalischen Oberthemas – ist die Differenz in der Verbesserung hochsignifikant mit starkem Effekt ($r = 0,758$). Sowohl für Kategorie 5 (Ableiten der Bedingungen) als auch für Kategorie 6 (Prüfen der Bedingungen am Phänomen) sind die Differenzen in der Verbesserung der Erklärtexte signifikant mit einem mittleren Effekt ($r \approx 0,38$). In Kategorie 8 (dem Zusammenfassen wichtiger Fakten) zeigt sich ein höchstsignifikanter Unterschied in der Verbesserung der Erklärtexte bei mit starkem Effekt ($r = 0,689$).

TG prä – post (Wilcoxon-Test)	$r = 0,815^{***}$	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	$r = 0,566^*$	$r = 0,485^*$	<i>n.s.</i>	$r = 0,723^{**}$
$\Delta TG - \Delta KG$ (Mann-Whitney-U-Test)	$r = 0,758^{***}$	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	$r = 0,382^*$	$r = 0,376^*$	<i>n.s.</i>	$r = 0,689^{***}$

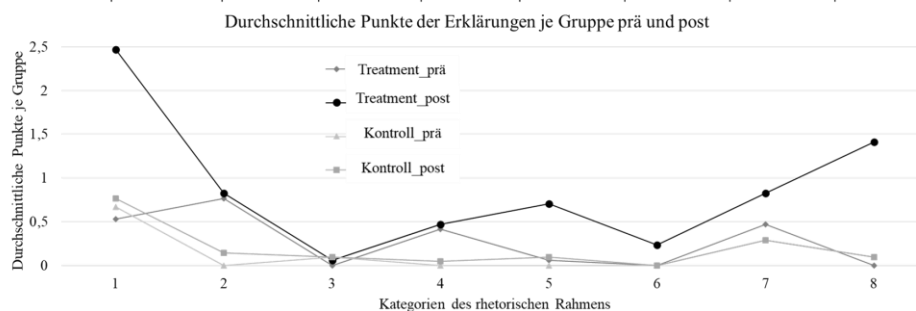


Abb. 1: Unterschiede der Qualität der Erklärtexte vor und nach der Überarbeitung in der Interventions- und Kontrollgruppe

Diskussion

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Studie und der Pilotstudie weisen darauf, dass die Veränderung der Qualität der Erklärtexte von Schülerinnen und Schülern möglicherweise ohne visuelle Hilfen größer ist als mit visuellen Hilfen. Das scheint vor allem daran zu liegen, dass durch die Visualisierung bereits zu Beginn eine bessere Strukturierung erfolgt.

Außerdem gibt es durch den strukturierten Rahmen als Schema in der Intervention größere Veränderungen als ohne. Dies gilt aber nicht für alle Kategorien:

Das Nennen des physikalischen Oberthemas und das Zusammenfassen der wichtigsten Fakten in einer Erklärung können durch das Schema offenbar gut stimuliert werden. Das Ableiten der Bedingungen und das Prüfen der Bedingungen am Phänomen für die logische Folgerung fällt den Schülerinnen und Schülern mit dem Schema leichter. Das Beschreiben und Heranziehen einer Gesetzmäßigkeit fallen den Schülerinnen und Schülern trotz des Schemas weiterhin schwer.

Literatur

- Andrade, V., Freire, S., & Baptista, M. (2019). Constructing scientific explanations: a system of analysis for students' explanations. *Research in Science Education*, 49(3), 787-807.
- Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualisation of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95, 639-669.
- Hempel, C. G., & Oppenheim, P. (1948). Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science*, 15(2), 135 – 175.
- KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- Krabbe, Heiko, Timmerman, Philip & Boubakri, Christine (2019). BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN im Physikunterricht. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 265). Universität Regensburg.
- Tang, K. S. (2016). Constructing scientific explanations through premise–reasoning–outcome (PRO): an exploratory study to scaffold students in structuring written explanations. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1415-1440.
- Wöhlke, C., & Krabbe, H. (2021). Schriftliches Erklären im Physikunterricht unterstützen. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung online 2020. (S. 105-108). Universität Duisburg-Essen.