

Regina Schauer¹
Regina Möller¹
Markus Feser¹
Jule Böhmer¹
Hanne Brandt¹
Ingrid Gogolin¹
Dietmar Höttecke¹

¹Universität Hamburg

Wirkung von sprachexplizitem Physikunterricht auf fachliches Konzeptlernen

Sprachlich heterogene Schülerschaften

Die Schülerschaft in Deutschland ist sprachlich heterogen und stark mehrsprachig, z.B. haben in Hamburg ca. 54% der Schüler:innen einen Migrationshintergrund und bringen diverse Sprachen mit in den Unterricht (Türkisch 8,3 %, Dari/Farsi 5,6 %, Russisch 5,3 %, Arabisch 4,7 %, Englisch 4,3 %; Schuljahresstatistik 2023). In aktuellen Studien (PISA und anderen) hat sich gezeigt, dass die Sprachkompetenz ein wichtiger Prädiktor für den Lernerfolg in Mathematik und Naturwissenschaften ist. Dies weist darauf hin, dass das erfolgreiche Lernen von Fachinhalten stark von sprachlichen Kompetenzen abhängt (Gogolin & Lange 2011). Zwar gibt es inzwischen eine Reihe an Primäruntersuchungen, die die positive Wirkung sprachsensibler Ansätze bestätigen (Becker-Mrotzek & Woerfel, 2020; Höfler, Woerfel, Vasylyeva & Twente, 2024), aber eine valide, basierend auf einer repräsentativen Stichprobe, umfassende empirische Bewertung der Wirkung solcher Ansätze steht bislang noch aus. Daher war das Ziel des Forschungsprojekts *Physik in Kontext sprachlicher Diversität (PhyDiv)*, die Wirkung von sprachexplizitem Energieunterricht (SEU), teilweise mit dem Merkmal Mehrsprachigkeit (SEUM), im Vergleich zu einem Kontrollunterricht (K) zu untersuchen (Schauer, Möller, Böhmer, Brandt & Höttecke 2024; Brandt, Böhmer, Gogolin, Höttecke, Möller & Schauer 2024). Dazu wurde ein sprachexpliziter Physikunterricht für das Thema Energie konzipiert, der fachliches und sprachliches Lernen systematisch miteinander verbindet (Schauer, Möller, Böhmer, Brandt & Höttecke 2023). Die Interventionsstudie wurde in 31 Klassen an 7 Schulen und über 6 Doppelstunden im Rahmen eines Pre-Post-Follow-up-Designs durchgeführt.

Hintergrundmerkmale der Stichprobe

Die Gesamtstichprobe bestand annähernd zu gleichen Anteilen aus männlichen und weiblichen Teilnehmenden. Diese wiesen zu 80% einen Migrationshintergrund auf und nur in 24% aller Fälle war die Familiensprache deutsch. Weiterhin zeichnete unsere Stichprobe mit 54 unterschiedlichen Familiensprachen eine sehr hohe sprachliche Diversität aus.

„Upcycling“ – Entwicklung eines Testinstruments

Um die Wirkungen des Interventionsunterrichts auf das fachliche Lernen zu prüfen, wurde ein Testinstrument entwickelt, das sich sowohl aus vorliegenden – ge-„upcyclen“ – sprachlich überarbeiteten Testitems als auch aus neu entwickelten Testitems zusammensetzt. Da das Testinstrument Energiewissen möglichst unabhängig vom Leseverstehen im Deutschen erfassen sollte, wurden die vorhandenen Items von Viering (2012), Michel und Neumann (2016) und Schmidt (2008) im Hinblick auf vermeidbare potenzielle sprachliche

Verstehenshürden analysiert und modifiziert. Dieses adaptierte und kombinierte Multiple-Choice Testinstrument wurde in zwei Pilotstudien optimiert und anhand von Testgütekriterien evaluiert. Die Überprüfung der Validitätskriterien *Inhaltliche Validität*, *Strukturelle Eindimensionalität*, *Externe Validität* und *Instruktionssensitivität* ergab, dass das „upcyclete“ Testinstrument das Energiewissen valide misst. Die Reliabilität wurde mittels IRT-Analysen mit sowohl dem ein-parametrischen Modell (1PL) als auch dem zwei-parametrischen Birnbaum Modell (2PL) berechnet und zeigte eine mit anderen Fachwissenstests vergleichbare Messgenauigkeit (1PL: EAP=0,68, WLE=0,665; 2PL: EAP=0,718, WLE=0,70; Ivanjek et al. 2021: WLE=0,62–0,75; Berger, Kulgemeyer & Lensing 2019: EAP=0,53, Schubatzky, Wackermann, Wöhlke, Haagen-Schützenhöfer, Jedamski, Lindemann & Cardinal 2023: EAP=0,56–0,78, WLE 0,34–0,62). Der qualitative Modellvergleich zwischen 1PL und 2PL ergab keine eindeutig bessere Passung zu einem der beiden IRT-Modelle. Das 1PL-Modell stellt im Vergleich zum 2PL-Modell das einfachere und leichter zu interpretierende Modell da. Hierbei entspricht der Summenscore dem Antwortverhalten der getesteten Person und somit wird die geschätzte Personenfähigkeit durch die Itemschwierigkeit vollständig determiniert (Itemhomologie). Deshalb wurden im ersten Schritt die Summenscores für Gruppenvergleiche herangezogen (Moosbrugger & Kelava, 2020).

Erste Ergebnisse

Durch die Analyse der Beobachtungsbögen, die während des Unterrichts ausgefüllt wurden, konnte gezeigt werden, dass die Unterrichtsqualität in allen Unterrichtsvarianten wie antizipiert nicht signifikant verschieden war (Classroom Management: $F(2, 28) = 1,15$, $p = 0,33$; Unterrichtsklima: $F(2,28) = 0,21$, $p = 0,81$; Motivierung und kognitive Aktivierung: $F(2, 28) = 0,81$, $p = 0,46$). Dagegen konnten signifikante Unterschiede zwischen dem sprachexpliziten Unterricht mit und ohne dem Merkmal Mehrsprachigkeit und dem Kontrollunterricht gezeigt werden (Merkmale durchgängiger Sprachbildung $F(2,28) = 47,19$, $p < 0,001$; Sprachverwendung durch die Lehrkraft: $F(2, 28) = 23,68$, $p < 0,001$; Unterrichtsinteraktion/Scaffolding: $F(2, 28) = 53,08$, $p < 0,001$).

Ein Vergleich der Differenzen der Summenscores zum Energiewissen zeigte signifikante Lernzuwächse im Pre-Post-Vergleich für alle drei Unterrichtsvarianten ($d_{SEU}=0,82$, $d_{SEUM}=0,80$, $d_K d=0,77$). Somit konnte bei allen drei Varianten ein signifikanter Unterschied vom Pre- zum Posttest erzielt werden. Fachliches Lernen über Energie war also in allen drei Varianten mit mittleren bis starken Effekten erfolgreich (Abb.1). Dies bestätigt die bereits durch die Beobachtungsbögen in allen Klassen detektierte vorhandene und vergleichbare gute Unterrichtsqualität.

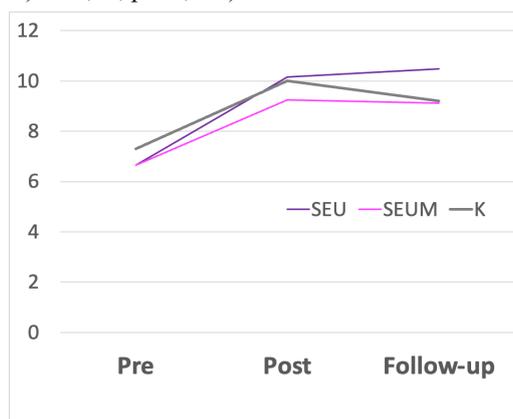


Abb.1: Summenscores der Pre-Post-Follow-up-Testung für die verbundenen SEU-, SEUM- und K-Gruppen.

Der Vergleich der Differenzen der Summenscores des Pre- und Posttests der verbundenen Stichproben (SEU vs. K und SEUM vs. K) ergab keine signifikanten Unterschiede (t-test: K vs. SEU: $t(123) = 0,58$, $p = 0,565$; K vs SEUM: $t(133) = 0,11$, $p = 0,912$; Anova (F(2, 426) = 0,192, $p < 0,662$). Aber der Vergleich der Ergebnisse des Pre- und Follow-up-Tests zeigte signifikante Unterschiede zwischen den SEU- und den Kontrollgruppen (Anova: F(2, 360) = 8,16, $p = 0,003$). Weiterhin wiesen die verbundenen K-Gruppen bei dem Follow-up-Test geringere Werte als bei dem Posttest auf. Bei den SEU- und SEUM-Gruppen blieben die Summenscores konstant und sanken nicht ab (Abb.1).

Diskussion

Im *PhyDiv-Projekt* ist es gelungen die Wirkung eines sprachexpliziten Energieunterrichts in den Varianten SEU und mit dem Merkmal Mehrsprachigkeit SEUM im Vergleich zu K anhand einer umfangreichen Stichprobe zu untersuchen (N = 607). Erste Ergebnisse zeigen, dass alle Varianten zu einem mittleren bis großen Lernzuwachs geführt haben. Im Vergleich zum K-Unterricht konnte bei dem SEU-Unterricht im Follow-up-Test ein signifikant höherer Lernzuwachs nachgewiesen werden. Dies deutet auf Vorteile des SEU-Unterrichts bezüglich nachhaltiger Lerneffekte hin. Weiterhin blieben die Follow-up Werte sowohl bei den SEU- als auch der SEUM-Gruppen im Gegensatz zu den K-Gruppen stabil, was ebenfalls auf einen nachhaltigen Effekt hinweist. Somit erzielten zwar alle drei Unterrichtsvarianten einen kurzfristigen Lerneffekt, aber die Lernwirkungen der beiden sprachexpliziten Varianten bewirkten nachhaltigeres Lernen. Im Vergleich zum Kontrollunterricht wies der SEU/SEUM-Unterricht durch Beobachtungsbögen bestätigte Merkmale durchgängiger Sprachbildung auf (Reichhaltige Diskursanregungen, Darstellungs- und Sprachvernetzung, Sprachreflexion, Makro-Scaffolding entlang eines dualen Lernpfades, Mikro-Scaffolding Gesprächsführung; Schauer, Möller, Böhmer, Brandt & Höttecke 2023). Durch die intensive diskursive Unterstützung wurde z.B. durch Sprachreflexion mit den Schüler:innen besprochen, welche unterschiedliche Bedeutung „*umwandeln*“ im Vergleich zu „*entstehen*“ oder „*erzeugen*“ hat und warum „*umwandeln*“ das Konzept der Energieumwandlung am genauesten beschreibt. Diese systematische sprachliche Auseinandersetzung mit den physikalischen Konzepten und damit einhergehender präziser Sprachgebrauch wirkte dabei lernförderlich, sowohl auf den sprachlichen als auf den fachlichen Lernzuwachs. Weiterhin wurde durch die wiederholte sprachliche Reflexion der fachlichen Konzepte eine bessere Verankerung oder Verknüpfung der fachlichen Inhalte bewirkt. Zusammenfassend deuten unsere ersten Ergebnisse darauf hin, dass sich sprachexpliziter Physikunterricht nachhaltig positiv auf fachliches Lernen auswirkt. Die geringen Effekte sind in Anbetracht der geringen Interventionsdauer akzeptabel, denn würde Sprachexplizitheit zum durchgängigen Merkmal von Physikunterricht, so wäre zu erwarten, dass sich diese Effekte über lange Zeiträume hinweg akkumulieren könnten.

Ausblick

In den nächsten Schritten wird ein Mixed-Effects-Modell unter Berücksichtigung der Pretest-Scores *Energiewissen* als feste und weitere Kontrollvariablen als zufällige Effekte untersucht. Dabei werden auch mögliche Interaktionen berücksichtigt.

Literatur

- Becker-Mrotzek, M., & Woerfel, T. (2020). Sprachsensibler Unterricht und Deutsch als Zweitsprache als Gegenstand der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In: C. Cramer et al. (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung*. Stuttgart: UTB, 98–104
- Berger, R., Kulgemeyer, C., & Lensing, P. (2019). Ein Multiple-Choice-Test zum konzeptuellen Verständnis der Kraftwirkung auf Ladungsträger in statischen elektrischen und magnetischen Feldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 197–210
- Brandt, H., Böhmer, J., Gogolin, I., Höttecke, D., Möller, R., & Schauer, R. (2024). Physikunterricht im Kontext sprachlicher Diversität (PhyDiv). *DDS – Die Deutsche Schule*, 2024(2), 194–201. doi:10.31244/dds.2024.02.08
- Gersch, O., Mandera, F., Berger, C., Frase, J., Haack, K., Jahncke, M. & Karimi, M. (2024). *Hamburger Schulstatistik Schuljahr 2023/24*. Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung
- Gogolin, I. & Lange, I. (2011). Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In: S. Fürstenau & M. Gomolla (Hrsg.), *Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit*. Wiesbaden: VS Verlag. 107-127
- Höfler, M., Woerfel, T., Vasylyeva, T. & Twente, L. (2024). Wirkung sprachsensibler Unterrichtsansätze – Ergebnisse eines systematischen Reviews. *Z Erziehungswiss* 27, 449–495. <https://doi.org/10.1007/s11618-023-01214-3>
- Michel, H. & Neumann, I. (2016). Nature of Science and Science Content Learning: The Relation between Students' Nature of Science Understanding and Their Learning about the Concept of Energy. *Science & Education*, 25(9-10), 951-975
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (Hrsg.) (2020). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Berlin, Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-662-61532-4
- Schauer, R., Möller R., Böhmer J., Brandt, H. & Höttecke, D. (2023). „Energie“ – Entwicklung von sprachexplizitem Physikunterricht. In: H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt*. Essen: GDGP, 957-960
- Schauer, R., Möller R., Böhmer J., Brandt, H., & Höttecke, D. (2024). Energiewissen durch sprachexpliziten Physikunterricht fördern In: H. van Vorst (Hrsg.), *Frühe Naturwissenschaftliche Bildung* (S. 957–960). Hamburg: GDGP, 150–153
- Schmidt, M. (2008). Kompetenzmodellierung und -diagnostik im Themengebiet Energie der Sekundarstufe I - Entwicklung und Erprobung eines Testinventars. In: H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth, *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 87. Berlin: Logos
- Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., Haagen-Schützenhöfer, C., Jedamski, M., Lindemann, H.K. & Cardinal, K. (2023). Entwicklung des Concept-Inventory CCCI-422 zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 29(10), 1-23
- Viering, T.A. (2012). Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I - Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen. In: H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth, *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 138. Berlin: Logos