

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

¹Universität Hamburg

Energiewissen durch sprachexpliziten Physikunterricht fördern

Fachliches und sprachliches Lernen

In urbanen Räumen steigt kontinuierlich der Anteil einer sprachlich heterogenen Schülerschaft, die eine breite Mehrsprachigkeit in der Schülerschaft versammelt (Becker-Mrotzek & Woerfel, 2020). Diese umfasst ein breites Spektrum von Spracherfahrungen, von Monolingualität in einer anderen Sprache als Deutsch bis zur entfalteten Literalität im Deutschen und in einer oder mehreren Herkunftssprachen. Für eine sprachlich diverse Schülerschaft ist eine systematische sprachliche Unterstützung erforderlich. Dies bedeutet, dass Sprachbildung eine zentrale Aufgabe aller Fächer darstellt. Dabei ist es das Ziel, Schüler:innen so zu unterstützen, dass diese fachliche Inhalte sprachlich durchdringen, bildungssprachliche Fertigkeiten ausbauen und die ihnen gestellten Aufgaben im Unterricht sukzessive selbstständig bewältigen. Nur in wenigen Studien wird bislang untersucht, inwiefern sprachsensibler oder sprachexpliziter Unterricht die Aneignung von fachlichen Unterrichtsinhalten unterstützt. Studien deuten auf positive Effekte sprachsensibler Unterrichtsgestaltung auf fachliche Kompetenzentwicklung von mehrsprachig aufwachsenden Schüler:innen. Forey & Cheung (2019) zeigen, dass sich nach schulweiter Einführung sprachsensibler Unterrichtsstrategien die Leistungen in verschiedenen Domänen (Mathematik, Physical Education, Englisch) der überwiegend mehrsprachigen Schülerschaft innerhalb kurzer Zeit stark verbesserte. Für den deutschsprachigen Raum zeigt eine Interventionsstudie ($N = 72$), dass mehrsprachige Schüler:innen mit unterdurchschnittlichen Deutsch- und Mathematikleistungen durch sprachensible Unterrichtsgestaltung mit Scaffolding stärkere Leistungszuwächse in Mathematik erzielten ($d = 1.22$) als solche, die an herkömmlichem Unterricht teilnahmen ($d = 0.42$) (Prediger & Wessel 2013). Weitere Studien zeigen, dass das erfolgreiche Lernen von Fachinhalten stark von sprachlichen Kompetenzen abhängt, insbesondere von der Beherrschung von Bildungssprache (Cummins, 2000; Gogolin & Lange 2011). Somit ist die Sprachkompetenz eine wichtige Voraussetzung für fachlichen Lernerfolg und dies gilt sowohl für mehrsprachige als auch für deutsch-einsprachige Schüler:innen (Prediger, 2016). Bisherige Forschung zeigt einen klaren Zusammenhang zwischen fachlichem Lernerfolg und sprachlichen Fähigkeiten. Offen bleibt, ob und unter welchen Bedingungen Lehr-Lernformate mit besonderem Fokus auf Sprache eine Wirkung auf fachlichen Lernerfolg in heterogenen Lerngruppen haben.

Projekt „Physikunterricht im Kontext sprachlicher Diversität“ (PhyDiv)

Um herauszufinden ob und welche Aspekte einer Sprachförderung im Fachunterricht Physik den fachlichen Lernerfolg von Schüler:innen unterstützen, wird im Projekt PhyDiv eine Interventionsstudie an Hamburger Schulen durchgeführt. Dafür wurde einerseits ein sprachexpliziter Physikunterricht für das Thema Energie konzipiert, der sowohl fachliches als auch sprachliches Lernen systematisch miteinander verbindet, sowie ein Kontrollunterricht ohne sprachliche Unterstützung (Schauer, Möller, Böhmer, Brandt & Höttecke, 2022). Die Lernwirkung von sprachexplizitem Physikunterricht wird mit der Lernwirkung des Kontrollunterrichts im Rahmen eines Pre-Post-Follow-up-Designs mit drei Messzeitpunkten

untersucht. Bisher wurden beide Unterrichtsvarianten in fünf Schulen und insgesamt 25 Klassen der Jahrgangsstufen 9/10 durchgeführt. Die bisherige Stichprobengröße beträgt $N = 342$.

Entwicklung eines Testinstrumentes – „Recycling“

Die Lernwirkung vom sprachexpliziten Unterricht und dem Kontrollunterricht wird mittels eines Fachwissenstest erfasst. Ziel des Fachwissenstests ist das Diagnostizieren des konzeptuellen Verständnisses von Energie. Um zeitökonomisch ein Testinstrument zu erhalten, wurde von einer Entwicklung eines vollständig neuen Testinstrumentes abgesehen und anstelle bereits bestehende Testinstrumente „recycled“. Dabei wurden adaptierte Aufgaben von Viering (2012), Michel (2014) und Schmidt (2008) verwendet, die sprachlich überarbeitet wurden, um eine Abhängigkeit der Lösungswahrscheinlichkeit von der Sprachkompetenz zu vermeiden. Für die Unterkonzepte Energieformen und Energietransport wurden neue Aufgaben generiert, da für diese keine bereits bestehenden Aufgaben zu Verfügung standen.

Überprüfung des Testinstrumentes mittels IRT-Analyse

Das Testinstrument (Multiple-Choice Test) wurde in verschiedenen Pilotstudien evaluiert. Die erste Pilotierung diente zur Reduktion der Aufgaben mittels IRT-Analyse (von 60 auf 29 Aufgaben). Dabei wurden als Auswahlkriterien die Infit/Outfit-Werte (0,8-1,2), die Itemschwierigkeit, die Anwählhäufigkeit der Distraktoren (>5%) und die Punkt-Biserial-Korrelation angesetzt. Um eine gute Passung vom Testinstrument zum Unterricht zu erhalten, wurden einige Aufgaben modifiziert und diese in einer Nachpilotierung erneut getestet. Dies führte zu einem Testinstrument aus 25 Aufgaben für die Hauptstudie, deren psychometrische Qualität erneut überprüft wurden. Bei der Pilotierung als auch bei der Hauptstudie ergab die IRT-Analyse eine bessere Passung zu einem zwei-parametrischen Birnbaum Modell (2PL) als zu einem ein-parametrischen Modell (1PL) (Tab.1). Dies bestätigte der Likelihood-Quotienten Test (1PL= -5203.861; 2PL= -5169.624) als auch der AIC (1PL=10453.72; 2PL= 10427.25). Die Reliabilität von 0.718 beim 2 PL-Modell ist verglichen mit anderen Instrumenten (Berger, Kulgemeyer & Lensing 2019, Schubatzky, Wackermann, Wöhlke, Haagen-Schützenhöfer, Jedamski, Lindemann & Cardinal 2023) zufriedenstellend.

	EAP Reliabilität	
	1 PL	2 PL
Pilot 1 (60 Aufgaben)	0.769	0.834
Nachpilotierung (29 Aufgaben)	0.403	0.668
Hauptstudie (25 Aufgaben)	0.662	0.722
Hauptstudie (22 Aufgaben)	0.68	0.718

Tab.1: Passung der unterschiedlichen Datensätze zu 1PL und 2PL-Modellen nach IRT-Analysen.

Die Itemschwierigkeiten decken einen Bereich von -1.75 und 1,34 ab, so dass das Testinstrument über eine gute Streuung der Aufgabenschwierigkeit passend zur Stichprobe verfügt. Prozent-Korrekt-Werte bewegen sich dabei zwischen 0,2 und 0,8.

Das 2PL-Modell, das für unsere Daten zu einer besseren Passung führt, ist im Vergleich zum 1PL-Modell flexibler. Die Steigung ($\alpha=1$) und damit die Trennschärfe werden nicht über alle Aufgaben fixiert. Im 2-PL-Modell dürfen sich die Steigungen also unterscheiden. Dadurch

wird die spezifische Objektivität aufgegeben, so dass eine klare Unterscheidung und somit eine Trennung von Personen mit einer hohen Fähigkeit (θ) von Personen mit einer geringen Fähigkeit nicht mehr gegeben ist (Strobl 2012).

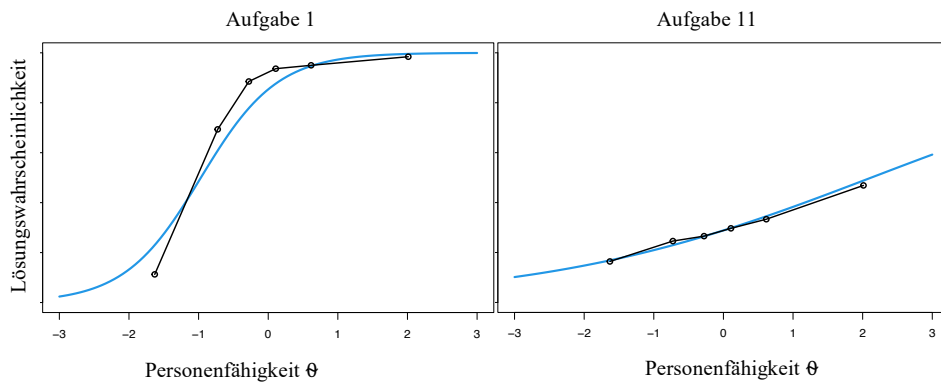


Abb.1: Beispiele für ICC von Aufgaben mit hoher (links) und niedriger (rechts) Trennschärfe.

Bei unserem Testinstrument weisen die Aufgaben mit einer geringen Schwierigkeit Trennschärfen von $\alpha \geq 1$ auf, und nur die mittelschweren und schweren Aufgaben weisen eine geringere Trennschärfe ($\alpha < 1$) auf (Abb.1, Aufgabe 1: $\alpha = 1,8$; Aufgabe 11: $\alpha = 0,4$). Um schwerere Aufgaben zu lösen, müssen Schüler:innen ihr erworbenes Wissen von mehreren Unterkonzepten (Energieform, -transport, -entwertung) koordinieren. Sobald also eines der Unterkonzept nicht verstanden wurde, sinkt die Lösungshäufigkeit auch bei Personen mit hoher Fähigkeit. Dadurch ergeben sich geringere Trennschärfen für komplexere Aufgaben, die eine Unterscheidung von Personen mit hohen Fähigkeiten und geringen Fähigkeiten erschweren. Bei unterschiedlich komplexen Aufgaben ist somit das 2PL-Modell, das unterschiedliche Trennschärfen zulässt, angemessener als die strenge Forderung nach konstantem α . Durch das „recyclen“ von bereits bestehenden Aufgaben setzt sich unser Testinstrument aus unterschiedlich komplexen Aufgaben zusammen. Beim „Recycling“ von Testaufgaben kann das flexiblere 2PL-Modell für die Analyse der Daten besser geeignet sein und wie in unserem Fall zu einer höheren Reliabilität des Testinstrumentes beiträgt.

Ausblick

Die Lernwirksamkeit vom sprachexpliziten Physikunterricht wird durch den Vergleich der Personenfähigkeit über mehrere Zeitpunkte mittels eines 2PL-Modell analysiert. Differenzielle Effekte auf Subgruppen (Sprachkompetenz, einsprachig vs. mehrsprachig) werden berücksichtigt. Der Nachweis einer höheren Lernwirksamkeit durch den sprachexpliziten Unterricht erlaubt eine differenzielle Analyse von den entstandenen videographischen Aufzeichnungen, um Lehr- und Lernformate zu identifizieren, die fachliches Lernen durch sprachliche Förderung in heterogene Gruppen bewirken.

Diese Arbeit wird von der DFG (Projektnummer 445350182) gefördert.

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.

Cummins, J. (2000). *Language, power and pedagogy*. Clevedon: Multilingual Matters

Forey, G & Cheung, L.M.E. (2019). The benefits of explicit teaching of language for curriculum learning in the physical education classroom. *English for specific purposes*. 54, 91-109

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

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

Prediger, S. (2016): Wer kann es auch erklären? Sprachliche Lernziele identifizieren und verfolgen. In: *Mathematik differenziert* 7 (2), 6–9.

Prediger, S. & Wessel, L. (2013). Fostering German language learners' constructions of meanings for fractions – Design and effects of a language- and mathematics-integrated intervention. *Mathematics Education Research Journal* 25(3), 435-456

Schauer, R., Möller R., Böhmer J., Brandt, H. & Höttecke, D. (2022). „Energie“ – Entwicklung von sprachexplizitem Physikunterricht. In: H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt*. Essen: GDGP, 957-960

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.

Strobl, C. (2012). *Das Rasch-Modell – Eine verständliche Einführung für Studium und Praxis*. München und Mering: Rainer Hampp Verlag

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.