

Dichte im Physikunterricht: Pilotierung einer deutschen Version des Density Survey

Theoretischer Hintergrund

Konzeptuelles Wissen zum Thema Dichte erfordert ein Verständnis für Verhältnisse (Rowell & Dawson, 1977) und für proportionale Zusammenhänge (Yeend, 2001). Schülervorstellungen zur Dichte wurden in zahlreichen empirischen Untersuchungen beforscht (Dawkins, Dickerson, McKinney, & Butler, 2008; Smith, Maclin, Grosslight, & Davis, 1997). Dabei zeigte sich, dass die Dichte als materialspezifische Größe für Lernende abstrakt ist (Kang et al., 2004), weshalb häufig ein unzulässiges Gleichsetzen der Dichte mit dem Volumen, der Masse oder der Größe beobachtet wird (Smith, Carey & Wisner, 1986; Yeend et al., 2001). In einer Arbeit von Xu und Clarke (2012) wurde gezeigt, dass in verschiedenen Kontexten mikroskopische Sichtweisen zur Dichte („*Die Dichte eines Körpers gibt an, wie nahe sich die Teilchen in einem Körper sind*“) makroskopischen Vorstellungen („*Abhängig von der Dichte eines Körpers schwimmt oder sinkt dieser in Wasser*“) implizit gegenüberstehen, was Ausgangspunkt zahlreicher weiterer Lernschwierigkeiten sein kann.

Dichte im Physikunterricht

Die Dichte ist zentrales Element des Anfangsunterrichts Physik. Im Unterricht zur Dichte machen die Lernenden erste Erfahrungen mit vielfältigen Aspekten der Naturwissenschaft Physik, wie man beispielhaft anhand des neuen LehrplanPLUS der siebten Jahrgangsstufe im neunjährigen Gymnasium in Bayern erkennen kann: „*Die Schülerinnen und Schüler...*

- *planen unter Anleitung ein Experiment zur Bestimmung der Dichte eines unregelmäßig geformten Körpers, das sie unter Anleitung durchführen und protokollieren.*
- *identifizieren unter Berücksichtigung der begrenzten Genauigkeit von Messwerten das Material des Körpers anhand von Tabellen im Internet.*
- *führen unter Berücksichtigung von Einheiten und der Genauigkeit von Messwerten einfache Berechnungen zu Dichte und Masse durch.*
- *identifizieren in einem vorgegebenen Sachtext zu moderner Technik die Dichte von Werkstoffen als ein physikalisches Bewertungskriterium und unterscheiden dieses von außerfachlichen Kriterien“ (ISB, 2021).*

Forschungsanliegen

Vor dem Hintergrund der Bedeutung des Themas Dichte im Anfangsunterricht Physik erscheint die Entwicklung eines Konzepttests notwendig, der Lehrkräften die Möglichkeit zur ökonomischen Erhebung des konzeptuellen Verständnisses (Furrow & Hsu, 2019) ihrer Schülerinnen und Schüler zum Thema Dichte ermöglicht. Ausgangspunkt für die Entwicklung eines solchen Instruments stellt der von Yeend et al. (2001) veröffentlichte Konzepttest *Density Survey* dar. Dieser Konzepttest wurde auf Grundlage von Literaturreview, Schülerinterviews und Expertenbefragungen entwickelt und besteht aus elf Multiple-Choice Items. Diese decken die in den Expertenbefragungen identifizierten Kernaspekte zum Thema Dichte ab (vgl. Tab. 1). In den USA wurde das Instrument mit 787 Schülerinnen und Schülern verschiedener Altersstufen und unterschiedlicher Schulformen pilotiert. Als Ausgangspunkt der Entwicklung eines Konzepttests zur Dichte für den deutschen Sprachraum wurde der *Density Survey* zunächst übersetzt. Die Items wurden dann in deutscher Sprache gemäß den Richtlinien zur Erstellung von Multiple-Choice-Aufgaben nach Haladyna et al. (2002)

überprüft und überarbeitet (vgl. Abb. 1). Auf der Grundlage der Ergebnisse einer Pilotierung sollen die Testitems selektiert und gegebenenfalls durch neue Items ergänzt werden, bevor die weiterentwickelte Version des Konzepttests einer erneuten Pilotierung unterzogen wird.

5. Ein Juwelier hat ein kleines Stück von einem großen, ungeschliffenen Diamanten abgeschnitten. Was lässt sich im Vergleich zu der Dichte des ursprünglichen Diamanten über die Dichte des kleinen Stückes sagen?
- Die Dichte des kleinen Stückes ist gleich der Dichte des ursprünglichen Diamanten.
 - Die Dichte des kleinen Stückes ist kleiner als die Dichte des ursprünglichen Diamanten.
 - Die Dichte des kleinen Stückes ist größer als die Dichte des ursprünglichen Diamanten.
 - Man kann es nicht sagen, außer Masse und Volumen jedes Teils sind gegeben.

Abb. 1: Beispielim aus der deutschen Version des Density Survey.

Methodik und Stichprobe

Im vorliegenden Beitrag werden Einblicke in erste Ergebnisse der Pilotstudie präsentiert. Wir beziehen uns in diesem Beitrag auf die Bearbeitung des Testinstruments durch 72 Lernende (32 davon weiblich) der siebten Jahrgangsstufe eines Gymnasiums in Bayern nach dem regulären Unterricht zur Dichte. Die hier berichteten Ergebnisse einer ersten Itemanalyse sind vorläufig, weil die Stichprobe für diese Pilotstudie im Schuljahr 2021/22 durch den Einsatz des Instruments in weiteren Klassen noch erweitert wird. Bei Vorliegen des vollständigen Datensatzes wird eine Rasch-Skalierung des Instruments vorgenommen (Rasch, 1960).

Vorläufige Ergebnisse

Jedes der elf Items des Tests wurde dichotom kodiert, sodass genau dann ein Punkt vergeben wurde, wenn aus den gegebenen Antwortmöglichkeiten die Richtige ausgewählt wurde. Eine Itemanalyse zeigt, dass die Itemschwierigkeiten (vgl. Tab. 1) mit Ausnahme von zwei Ausreißern innerhalb des akzeptierten Bereichs zwischen 0.2 und 0.8 liegen (Kline, 2015). Für die Itemtrennschärfen beobachtet man Werte oberhalb der allgemein anerkannten Grenze von 0.3 (vgl. Tab. 1), wobei ein Item mit einer Trennschärfe von 0.25 immerhin noch im akzeptablen Bereich liegt (Kline, 2015). Lediglich ein Item liegt außerhalb dieses Akzeptanzbereichs. Cronbach's Alpha als Maß für die interne Konsistenz dient als Schätzer für die Reliabilität des Konzepttests und liegt bei 0.78. Die aktuelle Datenlage spricht nicht dafür, dass dieser Wert durch den Ausschluss weiterer Items erhöht werden kann (vgl. Tab. 1). Eine Ausnahme stellt Item 11 dar, welches auch eine sehr niedrige Trennschärfe aufweist. Bei diesem Item sollen die Schülerinnen und Schüler die Dichte eines Körpers berechnen, während die anderen Items qualitative Zusammenhänge in verschiedenen Situationen abfragen. Ein Ausschluss dieses Items erscheint folglich naheliegend.

Tab. 1: Übersicht über Itemstatistiken.

Item (Inhaltsaspekt)	Schwierigkeit	Trennschärfe	α unter Ausschluss
1 (Beziehung Volumen - Größe)	0.94	0.40	0.77
2 (Dichte als Materialeigenschaft)	0.33	0.51	0.75
3 (Masse)	0.94	0.40	0.77
4 (Abh. Dichte-Volumen, $m = \text{const.}$)	0.44	0.55	0.75
5 (Dichte als Materialeigenschaft)	0.56	0.68	0.73
6 (Proportionales Denken)	0.56	0.37	0.77
7 (Abh. Dichte-Masse, $V = \text{const.}$)	0.67	0.25	0.78
8 (Massenerhaltung)	0.22	0.60	0.74
9 (Beziehung Volumen - Größe)	0.50	0.43	0.76
10 (Temperaturabhängigkeit der Dichte)	0.39	0.68	0.73
11 (Berechnung Dichte homog. Körper)	0.67	0.02	0.81

Von elf maximal erreichbaren Punkten im Test erreichten die Lernenden im Mittel 6.22 Punkte (SD = 2.74 Punkte), wobei das Minimum bei einem Punkt (4 SchülerInnen) und das Maximum bei 11 Punkten (8 SchülerInnen) lag.

Die Verteilung der Testscores innerhalb unserer vorläufigen Stichprobe ist in Abbildung 2 graphisch dargestellt. Im Vergleich zur englischsprachigen Originalversion des *Density Survey* scheint die Version für den deutschen Sprachraum für die Pilotierungskohorte leichter gewesen zu sein. So fanden die Autoren der Originalversion des Tests unter 173 Lernenden an Middle Schools (Jahrgangsstufe 8) in den USA einen mittleren Testscore von 3.98 Punkten (SD = 1.56), wobei hier Item 6 zum proportionalen Denken nicht in die Bildung des Testscores mit einbezogen wurde (Yeend et al., 2001). Deshalb lag die Maximalpunktzahl bei 10. Die Lernenden der siebten Jahrgangsstufe unserer Kohorte schneiden mit einer mittleren Punktzahl 5.67 (SD = 2.51) allerdings selbst bei Ausschluss dieses Items signifikant besser ab als die Schülerinnen und Schüler an amerikanischen Middle Schools ($t(243) = 8.071, p < 0.001; d = 1.13$). In Abbildung 3 ist für jedes Item des Konzepttests zur Dichte der Prozentsatz richtiger Antworten dargestellt. Diese Werte sind denen aus der Pilotstudie zur englischsprachigen Originalversion (N = 787 über verschiedene Altersstufen hinweg) gegenübergestellt.

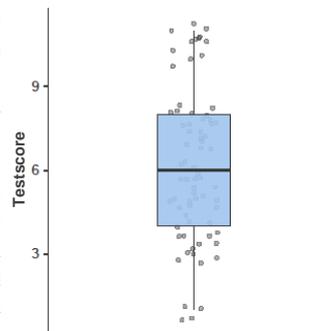


Abb. 2: Box-Plot zur Verteilung der Testscores (Hochachse) in der vorläufigen Stichprobe der Pilotstudie.

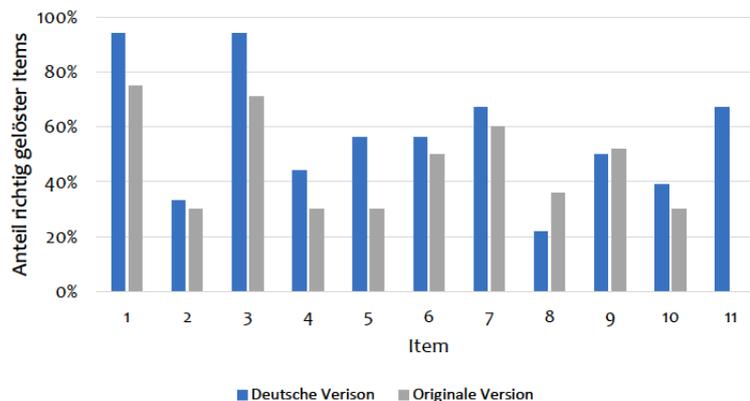


Abb. 3: Anteil richtiger Schülerantworten je Item. Gegenüberstellung der Resultate der Pilotierung der deutschen Übersetzung und der Originalversion des *Density Survey* (Yeend et al., 2001).

Ausblick

Die Auswahl falscher Antwortmöglichkeiten kann in Kombination mit einer Skala zur Antwortsicherheit genutzt werden, um Schülervorstellungen zur Dichte zu identifizieren. Falsche Antworten, bei denen die Lernenden angeben, *sicher* oder *sehr sicher* gewesen zu sein, deuten auf das Vorliegen von Präkonzepten hin (Aslanides & Savage, 2013). Auf diese Weise soll unser Konzepttest nach Abschluss der Pilotierung ein Werkzeug für Lehrkräfte zur Erhebung von konzeptuellem Verständnis und zur Identifikation von Schülervorstellungen zur Dichte darstellen, welches aufgrund seiner Kompaktheit (elf Items) für den praktischen Einsatz im Unterricht geeignet sein dürfte.

Literatur

- Aslanides, J. S. & Savage, C. M. (2013). Relativity concept inventory: Development, analysis, and results. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 9, 010118.
- Dawkins, K. R., Dickerson, D. L., McKinney, S. E. & Butler, S. (2008). Teaching density to middle school students: Preservice science teachers' content knowledge and pedagogical practices. *The Clearing House*, 82(1), 21-26.
- Furrow, R. E. & Hsu, J. L. (2019). Concept inventories as a resource for teaching evaluation. *Evolution: Education and Outreach*, 12(2), <https://doi.org/10.1186/s12052-018-0092-8>.
- Haladyna, T. M., Downing, S. M. & Rodriguez, M. C. (2002). A Review of Multiple-Choice Item-Writing Guidelines for Classroom Assessment. *Applied Measurement in Education*, 15(3), 309-334.
- ISB (2021). https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/7/nt_gym (aufgerufen am 31.8.21)
- Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2004). Reexamining the role of cognitive conflict in science concept learning. *Research in Science Education*, 34, 71–96.
- Kline, Th. J. B. (2005). *Psychological Testing. A Practical Approach to Design and Evaluation*. Thousand Oaks, London, New Delhi: Sage.
- Rasch, G. (1960). *Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Rowell, J. A. & Dawson, C. J. (1977). Teaching about floating and sinking: an attempt to link cognitive psychology with classroom practice. *Science Education*, 61(2), 245-253.
- Smith, C., Carey, S. & Wisner, M. (1986). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177–237.
- Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L. & Davis, H. (1997). Teaching for understanding: a study of students' pre-instruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and density. *Cognition and Instruction*, 15(3), 317–393.
- Xu, L. & Clarke, D. (2012). Student Difficulties in Learning Density: A Distributed Cognition Perspective. *Research in Science Education*, 42, 769-789.
- Yeend, R., Loverude, M. & Gonzalez, B. (2001). Student Understanding of Density: A Cross-age Investigation. In S. Franklin & K. Cummings (Hrsg.): 2001 Physics Education Research Conference Proceedings, Rochester, New York.