

Schwimmt ein Holzbrett mit Löchern?

Erklärungen von Kindern zum Schwimmen und Sinken verschiedener Gegenstände vor und nach dem Unterricht

In dem Forschungsprojekt „Auswirkungen von Unterricht zum ‚Schwimmen und Sinken‘ auf das Verständnis physikalischer Basiskonzepte und den Erwerb inhaltsübergreifender graphisch-visueller Kompetenzen bei Grundschulkindern“¹ befragten wir Grundschulkinder des dritten Schuljahres vor und nach dem Unterricht zum Schwimmverhalten verschiedener Gegenstände, z. B.: „Was passiert mit einem Holzbrett mit Löchern im Wasser?“. Die Antworten weisen ein vielfältiges Spektrum an Erklärungen auf, wobei die Kinder schon vor dem Unterricht verschiedenste Aspekte in ihre Erklärungen einbeziehen. In diesem Artikel werden das Verfahren, mit dem wir offene schriftliche Antworten der Kinder auswerteten, und einige Ergebnisse berichtet.

9- bis 10-Jährige haben bereits Vorstellungen darüber, welche Dinge schwimmen und welche sinken, und können ihre Aussagen begründen (Inhelder 1958, Klewitz 1989, Haru 2000, Janke 1995). Viele Untersuchungen, die sich mit dem Verstehen des Phänomens „Schwimmen und Sinken“ im Grundschulalter beschäftigen, wählen die instruktionale Herangehensweise über den Dichtevergleich (Haru 2000, Janke 1995). Der Dichtevergleich beinhaltet die Berücksichtigung der Aspekte Masse und Volumen, wobei sowohl Masse und Volumen des Gegenstandes als auch des verdrängten Wassers im Verhältnis verglichen werden müssen. In einigen Untersuchungen wurden Verstehensprobleme gefunden, die sowohl die einzelnen Konzepte Volumen und Masse als auch deren korrekte Integration als Masse pro Volumen, oder Dichte, betreffen (Smith 1985, Inhelder 1958). Allerdings konnte auch gezeigt werden, dass Kinder im Grundschulalter durchaus über ein intuitives Verständnis von Dichte und dem Dichtevergleich verfügen oder dieses aufbauen können (Janke 1995, Haru 2000). Deshalb beschäftigte uns die Frage, welche Erklärungsansätze Grundschulkinder spontan berücksichtigen, ob die Erklärungen kontextabhängig sind und inwieweit die Kinder adäquatere vorwissenschaftliche Erklärungen mit Hilfe von Unterrichtsformen aufbauen können.

1. Zum Projekt

Im Rahmen des Projekts wurden sechs Klassen des dritten Schuljahres jeweils über acht Doppelstunden von derselben Lehrerin zu dem Thema: „Wie kommt es, dass ein Schiff nicht untergeht?“ unterrichtet.

Wir verfolgen eine konstruktivistische Sichtweise vom Lernen, das heißt, wir nehmen an, dass die Kinder naturwissenschaftliche Erklärungen nur verstehen können, wenn sie diese selbst entdecken und formulieren. Daher haben wir Lern-

umgebungen gestaltet, die den Kindern vielfältige Erfahrungsmöglichkeiten bieten und ihnen die Chance geben, Erklärungen gemeinsam zu entwickeln und mit Materialien sowie in der Diskussion zu überprüfen. Im Unterricht knüpfen wir an den Präkonzepten der Kinder an, machen sie zum Ausgangspunkt des Lernens und regen darüber hinaus die Auseinandersetzung mit verschiedenen Aspekten (Verdrängung, Volumen, Dichteveergleich, Kräftegegenspiel) an. Ausgehend von diesem konstruktivistischen Unterrichtsansatz entwickelten wir zwei Unterrichtsvariationen, die sich im Grad der Strukturierung unterscheiden. Drei der Klassen lernten individuell problemlösend im Rahmen eines Angebots von Materialien und Versuchen (Unterricht OHNE), während die anderen drei Klassen einen stärker strukturierten Unterricht erhielten, der in Teilfragen sequenziert war und in dem die Lehrerin verstärkt strukturierende Gesprächshilfen gab, um Denkprozesse bei den Kindern anzuregen (Unterricht MIT).² Wir erwarteten, dass das größere Ausmaß an Strukturierungshilfen im Unterricht MIT den Kindern bessere Lernbedingungen bieten würde, um adäquatere Erklärungen bzgl. des Schwimmens und Sinkens von Gegenständen aufzubauen als der Unterricht OHNE.

Vor und nach dem Unterricht füllten die Kinder einen Fragebogen aus, in dem neben 14 Aufgaben mit Multiple Choice Items auch drei Fragen mit offenem Antwortformat gestellt wurden: a) Wie kommt es, dass ein großes, schweres Schiff aus Eisen nicht untergeht? b) Was passiert mit einem Holzbrett mit Löchern im Wasser? c) Schwimmt ein großer Baumstamm im Wasser? Die Auswertungen in diesem Beitrag beziehen sich auf diese drei Fragen. Im Folgenden wird das Kategorisierungsverfahren dargestellt, nach dem die Erklärungen der Kinder, die sie vor und nach dem Unterricht aufschrieben, im Hinblick auf den Lernfortschritt ausgewertet wurden.

2. Zur Auswertung

Die Interpretation der Erklärungen erfolgte vor dem Hintergrund von vorhandenen Forschungsergebnissen (Klewitz 1989, Haru 2000, Engelen et al. 2002), dem Vergleich der Prä- und Postbefragung und der Konzeptwechseltheorie. Es wurde ein Kategoriensystem entwickelt, das sowohl die Aspekte berücksichtigt, die die Kinder in ihren Erklärungen anführen, wie auch die Qualität der Begründungen im Hinblick auf die Belastbarkeit der Erklärungen. Deutungen, die nur in sehr wenigen Situationen eine richtige Vorhersage des Schwimmverhaltens eines Gegenstandes zulassen, wie z. B. die Aussage „Alle Sachen mit Löchern gehen unter“ (Formkonzept), werden einem niedrigeren Level (L1: nicht belastbare Konzepte) zugeordnet als Erklärungen, die den Aspekt Material, Luft oder das Wasser berücksichtigen, wie z. B. das Materialkonzept: „Alle Sachen aus Holz schwimmen und alle Sachen aus Metall gehen unter“ (L2: belastbare Konzepte). Diese Materialerklärung führt in vielen Alltagssituationen zu korrekten Vorhersagen. Kinder, die ein solches Konzept nennen, scheinen oft ein intuitives Verständnis von Dichte oder Auftrieb zu haben, an das sie anknüpfen können. Allerdings stoßen auch solche Erklärungen bei manchen Gegenständen an Grenzen

und können durch Erfahrungen widerlegt werden (z. B. durch sinkende Tropenhölzer). Angemessenere Erklärungen, die zumindest einen korrekten Aspekt der wissenschaftlichen Erklärung richtig berücksichtigen, werden dem Level 3 (ausbaufähige vorphysikalische Konzepte) zugeordnet: „Das Schiff wird vom Wasser nach oben gedrückt“ (Druck), „Das Schiff verdrängt so viel Wasser wie es selber wiegt“ (Verdrängung), „Das Schiff ist leichter als genauso viel Wasser“ (Dichte-vergleich). Erklärungen, in denen mindestens zwei Aspekte wissenschaftlich korrekter Konzepte in der richtigen Weise integriert werden, bilden den Level 4 (integrierte ausbaufähige vorphysikalische Konzepte), z. B. „Der Baumstamm schwimmt, weil er vom Wasser döller nach oben gedrückt wird als die Schwerkraft nach unten zieht. Das Wasser gewinnt gegen das Gewicht vom Baumstamm.“³

3. Ergebnisse

Die schriftlichen Aussagen der Kinder wurden von mehreren Kodierern den jeweiligen Konzepten zugeordnet; die Ergebnisse für die drei Fragen wurden separat ausgezählt. Die am häufigsten genannten Konzepte (häufiger als 5 % aller Nennungen) auf die Schiff-Aufgabe und die Holzbrett-Aufgabe sind in Abb. 1 und 2 dargestellt. Mehrfachnennungen waren möglich und werden bei der Auswertung berücksichtigt.

Aus den Abbildungen wird deutlich, dass unterschiedliche Aufgabenformate bei den Kindern unterschiedliche Konzepte aufrufen. Vor dem Unterricht im Prätest wird zur Erklärung des Schwimmens beim *Schiff* am häufigsten (in 30,9 % aller Nennungen) der Antrieb als Begründung angeführt. Die Form, bezogen auf die spitze Form des Rumpfes, und die Luft werden jeweils in ca. 20 % aller Be-

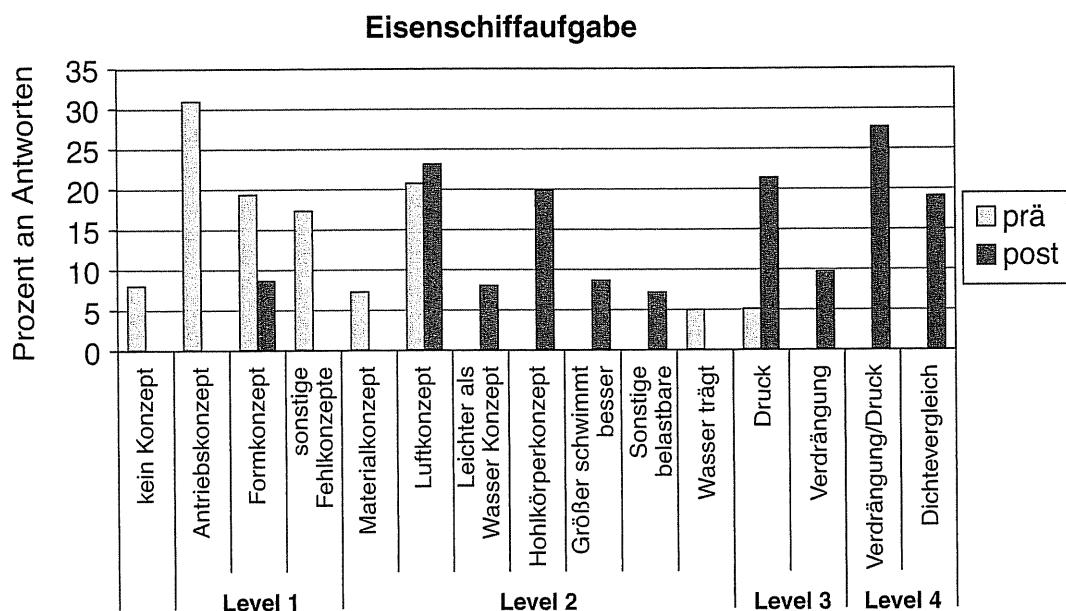


Abb. 1: Häufigste geäußerte Konzepte auf die Schiff-Aufgabe im Prä-Postvergleich in Prozent an Antworten

gründungen genannt. Beim *Holzbrett* hingegen scheint die Form, hier bezogen auf die Löcher, der wichtigste Aspekt zu sein. Dieses Konzept wird in 60,5 % der Nennungen aufgeschrieben, wobei nur in 13 % der Aspekt der Löcher mit der richtigen Vorhersage verbunden wird. Auch das Gewichtskonzept wird relativ häufig erwähnt (18 %). Häufigstes belastbares Konzept auf Level 2 ist beim Holzbrett das Materialkonzept, das in 13,7 % der Fälle genannt wird. Hingegen wird beim *Baumstamm* am häufigsten das Gewichtskonzept angeführt, wobei dies mit der Annahme verbunden ist, dass der Baumstamm untergeht (37,4 %). Auch das Druckkonzept (die Vorstellung, dass der Baumstamm vom Wasser nach oben gedrückt wird) wird relativ häufig erwähnt (12,2 %).

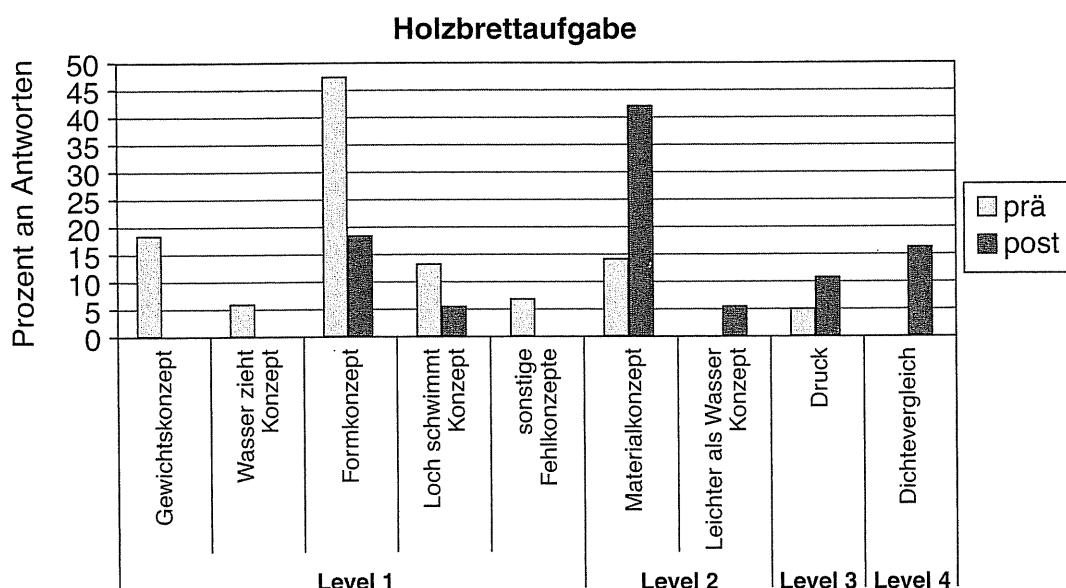


Abb. 2: Häufigste geäußerte Konzepte auf die Holzbrett-Aufgabe im Prä-Postvergleich in Prozent an Antworten

Auch im Posttest werden je nach Aufgabe unterschiedliche Aspekte bei den Begründungen berücksichtigt. Bei der Schiff-Aufgabe werden viele verschiedene Aspekte aufgeführt, wobei das Formkonzept nur noch in 8,7 % aller Nennungen vorkommt. Wesentlich häufiger werden das Luftkonzept und Druck, Verdrängung, Verdrängung – Druck sowie der Dichteveergleich als Begründungen genannt. Bei den anderen beiden Aufgaben werden in den Antworten häufiger als in der Schiff-Aufgabe belastbare Konzepte (Level 2) berücksichtigt. Dabei präferieren die Kinder den Aspekt des Materials in beiden Fällen (jeweils ca. 40 % der Nennungen). Allerdings wird bei der Holzbrett-Aufgabe auch nach dem Unterricht noch sehr häufig die Form als wichtiger Aspekt genannt.

Neu sind in den Antworten nach dem Unterricht bei allen drei Fragen die Aspekte Verdrängung und Dichteveergleich, wobei diese Konzepte bei der Schiff-Aufgabe am häufigsten genannt werden. Die Schiff-Aufgabe war auch im Unterricht als Rahmenfrage ständig präsent, und gewonnene Erklärungen wurden immer wieder auf das Schwimmen des Schiffes bezogen, während die Holzbrett- und die

Baumstamm-Aufgabe nur einmal im Unterricht aufgegriffen wurden. Inhaltlich wird deutlich, dass die Rolle des Wassers vor dem Unterricht nur selten genannt wird, während nach dem Unterricht wesentlich mehr Konzepte die Rolle des Wassers berücksichtigen. Dies bestätigt Ergebnisse anderer Untersuchungen (Haru 2000, Klewitz 1989, Engelen/Jonen/Möller 2002).

Um statistisch zu prüfen, welchen Effekt eine Variation im Grad der Strukturierung des Unterrichts auf das konzeptuelle Verständnis der Kinder hat, haben wir in einem Vergleich von Prä- und Posttest den Lernfortschritt über die Zuordnung der Konzepte zu den Leveln erhoben. Vergleicht man die Anzahl der Nennungen im Prätest von Konzepten, die den verschiedenen Leveln zuzuordnen sind, mit der Anzahl derer in der Posterhebung, so ergibt sich augenscheinlich in den Abb. 1 und 2 eine Verschiebung zugunsten höherer Level. In einer multivariaten Messwiederholungsanalyse mit den Faktoren Zeit (Prä, Post) und Gruppe (Unterricht MIT, Unterricht OHNE) testeten wir Effekte der Unterrichtsformen auf die Anzahl der Nennungen auf den Leveln 0 bis 4 über die drei offenen Aufgaben. Es ergeben sich ein multivariater Effekt für Zeit ($F(6, 132) = 60.78$, Wilk's Lambda = .27, $p < .001$), Gruppe ($F(6, 132) = 5.25$, Wilk's Lambda = .19, $p < .001$) und die Interaktion Zeit X Gruppe ($F(6, 132) = 2.56$, Wilk's Lambda = .10, $p < .05$). Der multivariate Effekt für die Gruppe ist auf z. T. unterschiedliche Ausgangsniveaus des Antwortverhaltens im Prätest zurückzuführen. Univariate Varianzanalysen mit den Summenwerten für jeden Level zeigen, dass für jeden der Level 0–4 hochsignifikante Zeiteffekte auftreten. Während Level 0 und Level 1 in beiden Gruppen signifikant abgebaut werden, nehmen die Nennungen auf Level 2, 3 und 4 zu. Nicht belastbare Konzepte werden von den Kindern im Posttest also signifikant seltener verwendet, während belastbare, ausbaufähige und vorphysikalische Konzepte signifikant häufiger genannt werden.

In den univariaten Analysen ergaben sich Zeit X Gruppe Interaktionen für die Level 1 ($p < .10$), 2 ($p < .10$), 3 ($p < .05$) und 4 ($p < .10$). Interpretierbar aufgrund vergleichbarer Prätestwerte sind insbesondere Veränderungen bei Level 2 und 3. Die Gruppe MIT baute signifikant mehr Konzepte auf Level 3 auf als die Gruppe OHNE, während die Gruppe OHNE im Posttest stärker als die Gruppe MIT dazu tendierte, auf Level 2 zu antworten.

Der höhere Grad der Strukturierung des Unterrichts macht sich also insbesondere beim Aufbau ausbaufähiger physikalischer Vorkonzepte bemerkbar. Für beide Gruppen gilt aber, dass die Kinder nicht belastbare Konzepte aufgegeben und neue belastbare oder sogar ausbaufähige vorphysikalische Konzepte erworben oder ausgebaut haben, die sie in verschiedenen Situationen anwenden können. Welche Begründungen sie anführen, ist kontextabhängig, was für ein Aufgreifen verschiedener Kontexte im Unterricht spricht. Wichtig erscheint auch, dass die Kinder verschiedene Aspekte bei den Erklärungen berücksichtigen und durchaus dazu in der Lage zu sein scheinen, sie sogar richtig zu integrieren. Weitere Auswertungen im Hinblick auf die individuelle Nutzung verschiedener integrierter Konzepte, die Kombination verschiedener Konzepte bei Mehrfachnennungen und Subgruppenvergleiche können noch weitere interessante und unterrichtsrelevante Ergebnisse liefern.

Anmerkungen

- 1) Das Projekt, das in Kooperation zwischen der Universität Münster und dem Max-Planck-Institut Berlin durchgeführt wird, ist Teil des Schwerpunktprogramms BIQUA (Bildungsqualität von Schule: Fachliches und fächerübergreifendes Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in Abhängigkeit von schulischen und außerschulischen Kontexten), das von der DFG gefördert wird.
- 2) Eine genauere Beschreibung und weitere Ergebnisse des Projektes finden sich in Möller et al. i. Dr.
- 3) Die Konzeptbezeichnungen greifen jeweils den wesentlichen Aspekt der Erklärung auf. Eine Übersicht mit den Definitionen der Konzepte, mit Beispieläußerungen und Levelzuweisungen kann bei den Autoren unter sachunterricht@uni-muenster.de angefordert werden.

Literatur

- Engelen, A./Jonen, A./Möller, K. (2002): Lernfortschrittsdiagnosen durch Interviews – Ergebnisse einer Pilotstudie zum „Schwimmen und Sinken“ im Sachunterricht der Grundschule. In: Spreckelsen, K./Möller, K./Hartinger, A. (Hrsg.), 155–173.
- Haru, S. (2000): Changes in Childrens' Conceptions through Social Interaction in Pre-school Science Education. Joensuu: University of Joensuu (=Publications in Education No. 60).
- Inhelder, B./Piaget, J. (1958): The growth of logical thinking from childhood to adolescence. New York: Basic Books.
- Janke, B. (1995): Entwicklung naiven Wissens über den physikalischen Auftrieb: Warum schwimmen Schiffe? Zeitschrift f. Entwicklungspsychologie u. Pädagogische Psychologie, 2, 122–138.
- Klewitz, E. (1989): Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Eine Untersuchung von Unterrichtsmodellen am Beispiel von „Schwimmen und Sinken“ vor dem Hintergrund der genetischen Erkenntnistheorie Piagets. Naturwissenschaften und Unterricht, 3.
- Möller, K./Jonen, A./Hardy, I./Stern, E. (i. Dr.): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Prenzel, M./Doll, J. (Hrsg.): 43. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik. Bildungsqualität von Schule: Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen.
- Smith, C./Carey, S./Wiser, M. (1985): On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. In: Cognition, 21, 177–237.
- Spreckelsen, K./Möller, K./Hartinger, A. (Hrsg.) (2002): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. (=Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 5) Bad Heilbrunn: Klinkhardt.