

- Edelmann, W. (1996): Lernpsychologie. Weinheim: Beltz.
- Giest, H. (1999): Lernen und Lehren in der Grundschule. Empirische Erhebungen im Sachunterricht. Potsdam: Universität Potsdam.
- Grzesik, J. (1992): Begriffe lernen und lehren. Stuttgart: Klett.
- Hasselhorn, M. & Mähler, C. (1998): Wissen, auf das Wissen baut: Entwicklungspsychologische Erkenntnisse zum Wissenserwerb und zum Erschließen von Wirklichkeit im Grundschulalter. In J. Kahler (Hrsg.), Wissenserwerb in der Grundschule (S. 73-90). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Klix, F. (1988): Gedächtnis und Wissen. In H. Mandl und H. Spada (Hrsg.), *Wissenspsychologie* (S. 19-54). München, Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Kluwe, R. (1988): Methoden der Psychologie zur Gewinnung von Daten über menschliches Wissen. In H. Mandl und H. Spada (Hrsg.), *Wissenspsychologie* (S. 359-385). München, Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Light, P. & Butterworth, G. E. (Hrsg.) (1992): Context and cognition. Ways of learning and knowing. New York u. a.: Harvester Wheatsheaf.
- Mähler, C. (1999): Naive Theorien im kindlichen Denken. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 31, H.2, 55-65.
- Markman, E. M. (1989): Categorization and naming in children. Problems of induction. Cambridge, Mass. (MIT).
- Merten, R. (1999): Verständigungsprobleme. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45, H.2, 195-208.
- Metz, K. E. (1995): Reassessment of Developmental Constraints on Children's Science Instruction. *Review of Educational Research*, 65, H.2, 93-127.
- Preub, A. & Sink, Th. (1995): Symposium on Conceptual Change. *EARLI News*, 1, 17-18.
- Schäfer, G. E. (1999): Frühkindliche Bildungsprozesse. *Neue Sammlung*, 39, 2, 213-226.
- Schnotz, W. (1998): Conceptual change. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch der Pädagogischen Psychologie* (S. 55-59). Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union.
- Schrempf, I. & Sodian, B. (1999): Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Kontext der Attribution von Leistungsergebnissen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 3, H.2, 67-77.
- Sodian, B. (1998): Der Beitrag nativistischer Ansätze zur entwicklungspsychologischen Theoriebildung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 30, H.4, 174-178.
- Spada, H. (1994): Conceptual Change or multiple Representations? *Learning and Instruction*, 4, H.1, 113-116.
- Vosniadou, S. (1994): Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, 4, H.1, 45-70.
- Wygotski, L. S. (1985, 1987): *Ausgewählte Schriften*, Bd. 1 u. 2. Berlin: Volk und Wissen.

Achim Engelen, Angela Jonen und Kornelia Möller

Lernfortschrittsdiagnosen durch Interviews – Ergebnisse einer Pilotstudie zum „Schwimmen und Sinken“ im Sachunterricht der Grundschule

1. Problemstellung

Naturwissenschaftsbezogenes Lernen in der Grundschule ist seit der sog. Wissenschaftsorientierung in den siebziger Jahren kritischen Einwänden ausgesetzt. Einer der Haupteinwände bezieht sich auf die Qualität des erworbenen Wissens. Insbesondere wird bezweifelt, dass bereits Grundschul Kinder aufgrund ihrer Lern- und Entwicklungsbedingungen zu einem Verstehen naturwissenschaftlicher Phänomene in der Lage sind.

Indizien für eine kognitive Überforderung von Grundschulkindern ergaben sich aus Untersuchungen zum Erfolg der eher wissenschaftsorientierten, amerikanischen Curricula in den siebziger und achtziger Jahren. Es zeigte sich, dass der Unterricht zwar positive Wirkungen auf die Förderung methodischer Fähigkeiten und Fertigkeiten und die Steigerung des Interesses hatte, nicht aber auf das Verständnis naturwissenschaftlicher Begriffe. Auch Vertreter eines naturwissenschaftsbezogenen Elementarunterrichts in Deutschland kamen aufgrund von Untersuchungen zu dem Urteil, dass die Bemühung, begriffliches Fachwissen anspruchsvoll zu vermitteln, grundsätzlich als misslungen gelten muss: „Grundschul Kinder lernen nicht, die naturwissenschaftlichen Fachbegriffe zu verstehen, sondern bestenfalls Wörter, die für sie stehen, assoziativ und grammatikalisch korrekt zu gebrauchen“ (Lauterbach 1992, S. 205).

Neuere Untersuchungen aus dem Bereich der Sachunterrichts didaktik zeigen aber, dass Lernfortschritte im Vorfeld der Naturwissenschaften möglich sind, wenn Unterricht angemessen gestaltet wird. Bewährt haben sich genetisch-sokratische (vgl. Köhnlein 1999) bzw. nach moderat-konstruktivistischen Gesichtspunkten gestaltete Lehr-Lernumgebungen (vgl. Möller 1999).² Allerdings bleibt die Frage bestehen, ob derartige Lehr-Lernumgebungen zu individuellen Lernfortschritten bei allen Kindern führen.

Auch muss geprüft werden, ob es sich bei dem angeeigneten Wissen um wirklich verstandenes, anwendungsfähiges Wissen handelt, nicht um ein träges Wortwissen. Schriftliche Leistungstests geben aber hierüber nur unzureichend Auskunft.

Die vorliegende Studie verfolgt das Ziel, über Einzelinterviews, die vor und nach einem moderat-konstruktivistisch orientierten Unterricht (mit instruktiven Anteilen) durchgeführt werden, Lernfortschritte im Verstehen physikalischer Basiskonzepte zu diagnostizieren. Als Unterrichtsgegenstand wurde der Bereich „Schwimmen und Sinken“ gewählt, da zu diesem Thema sowohl in der Didaktik als auch in der Entwicklungspsychologie bereits eine Reihe teilweise widersprüchlicher Untersuchungen zum inhaltlichen Verstehen vorliegen. Insbesondere gilt als ungeklärt, ob Grundschulkindern bereits ein angemessenes Verständnis bei anspruchsvollen physikalischen Begriffen wie „Dichte“ und „Auftrieb“ erreichen können.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Zur Gestaltung der Lehr-Lernumgebung

In Voruntersuchungen (vgl. Möller 1999) haben sich Lehr-Lernumgebungen als verstehensfördernd erwiesen, die auf der Basis konstruktivistischer Lehr-Lerntheorien entwickelt wurden. Entsprechende, häufig als „moderat konstruktivistisch“ bezeichnete Lerntheorien (vgl. Duit 1995; Gerstenmaier & Mandl 1995) gehen von einem als aktiv, konstruktiv, sozial, selbstgesteuert und situiert zu beschreibenden Wissenserwerb aus, in dem Konzepte aktiv verändert werden; eine rezeptive Wissensaneignung ist danach nicht möglich.

Eigene Untersuchungen wie auch vorliegende Forschungsbefunde (vgl. z. B. Renkl, Gruber & Mandl 1996; Weinert & Helmke 1995; Reinmann-Rothmeier & Mandl 1999) haben allerdings gezeigt, dass eine zu starke Situiertheit von Lernsituationen wie auch ein zu großer Freiraum bei der Selbstbestimmung zu Problemen führen kann. In Anlehnung an Modifizierungen konstruktivistischer Ansätze entwickelten wir sog. „moderat-konstruktivistische Lehr-Lernumgebungen mit instruktiven Anteilen“, die auf einen aktiven und konstruktiven Wissenserwerb ausgerichtet sind und dem Dialog unter den Kindern wie auch dem kooperativen Wissenserwerb einen hohen Wert beimessen. Ergänzt wird der Unterricht durch eine geeignete Gliederung des Unterrichtsinhalts, die wir als Sequenzierung bezeichnen, und durch eine angemessene Lehrerunterstützung; diese Elemente fassen wir unter dem Begriff „instruktive Anteile“ zusammen (vgl. Möller 2001a, c). Wir erwarten von einem derartigen Unterricht, dass sich kognitive und nicht-kognitive Zielsetzungen auch bei unterschiedlichen Eingangsbedingungen (Geschlecht, Leistungsstärke) erreichen lassen.

2.2 Zum Themenbereich „Schwimmen und Sinken“

Sowohl in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (vgl. z. B. Banholzer 1936; Thiel 1990; Kircher & Rückel 1992) als auch in der Entwicklungspsychologie (vgl. Piaget & Inhelder 1977; Carey 1991; Janke 1995) wurde das

Thema „Schwimmen und Sinken“ vielfach aufgegriffen. Die Ergebnisse zeigen, dass begriffliche Verständigungsprobleme und tiefverwurzelte Präkonzepte wie auch die notwendige Integration mehrerer Aspekte (z. B. beim Dichtebegriff das Verhältnis von Volumen und Masse) Lernschwierigkeiten erzeugen. Nur die wenigsten Kinder beziehen beim Auftrieb die Rolle des Wassers in ihre Überlegungen von sich aus ein (vgl. Möller 1999). Andererseits zeigen neuere, aus der Tradition Piagets heraustretende Untersuchungen in der Entwicklungspsychologie, dass auch jüngere Kinder unter bestimmten Bedingungen, insbesondere in sinnvollen, einsichtigen Kontexten, bereits für physikalische Kausalitäten sensibel sind, schlussfolgernd denken und über ein intuitives Dichteverständnis verfügen. Auch von Thiel (1990) und Kircher & Rückel (1992) mit Grundschulkindern durchgeführte Unterrichtseinheiten sprechen für mögliche Lernfortschritte bei einem Unterricht über „Auftrieb“.

3. Eine Untersuchung zur Diagnose von Lernfortschritten im Themenbereich „Schwimmen und Sinken“

Im Rahmen dieser Untersuchung, die als Pilotstudie angelegt war, konzentrierten wir uns auf die Ermittlung kognitiver Lernfortschritte von 17 Kindern (8 Jungen, 9 Mädchen) in einem nach den oben genannten Prinzipien konzipierten Unterricht zum Schwimmen/Sinken in einer dritten Klasse.³ Ziel dieser Untersuchung war es, eine Methode zur differenzierten, quantifizierbaren Erfassung von Lernfortschritten im Hinblick auf das Verstehen physikalischer Basiskonzepte zu entwickeln und zu erproben.

3.1 Zur Unterrichtsintervention

Der Unterricht umfasste in einem Zeitraum von vier Wochen acht Doppelstunden (einschließlich einer Doppelstunde im Schwimmbad) mit folgenden Teileinheiten:

- das Schwimmen und Sinken verschiedener Vollkörper, das die Überprüfung von Präkonzepten und die Ausbildung von Material- oder Dichtekonzepten initiiert
- die Erfahrung der Auftriebskraft und das Erfassen von Zusammenhängen zwischen Wasserverdrängung und Auftriebskraft
- die Integration der Erkenntnisse, um damit die komplexe Fragestellung nach dem Schwimmen eiserner Hohlkörper zu beantworten.

Zum Unterricht gehörten das Ausprobieren verschiedener Materialien (Vollkörper) im Hinblick auf Schwimmen bzw. Sinken, wobei intensiv auf nicht belastbare Konzepte eingegangen wurde (z. B. Luftkonzept, Gewichtskonzept) (1. und 2. Doppelstunde), das Durchführen von Versuchen im Klassenzimmer und im Schwimmbad, wobei das „Drücken des Wassers“ erfahren werden konnte (3. und

4. Doppelstunde), das Herstellen und Beladen von schwimmfähigen und tragfähigen Knettschiffen und die Repräsentation der gegeneinandergerichteten Kräfte „Auftriebskraft“ und „Gewichtskraft“ in einem Spiel und einer zeichnerischen Darstellung (ohne dabei allerdings diese fachlichen Begriffe zu benutzen) (5. und 6. Doppelstunde), die Integration der erworbenen Erkenntnisse zur Beantwortung der Frage nach dem Schwimmen eines eisernen Schiffes (7. Doppelstunde) und das Anwenden der erworbenen Kenntnisse beim Bauen von Schiffen aus unterschiedlichen Materialien (8. Doppelstunde).

Der Unterricht bot über Experimente, welche die Kinder selbständig durchführten, vielfältige Möglichkeiten zum aktiven Erfahrungserwerb. In Gruppen-, häufig aber auch in Klassengesprächen, die von der Lehrerin durch geeignete Impulse unterstützt wurden, hatten die Kinder Gelegenheit, ihre Erfahrungen zu konzeptualisieren, Vermutungen aufzustellen, zu überprüfen und zu korrigieren.

3.2 Erhebung und Datenaufbereitung

Siebzehn der sechsundzwanzig Schülerinnen und Schüler wurden vor dem Unterricht und zehn Wochen nach dem Unterricht unter Einsatz eines teilstandardisierten Leitfadens einzeln interviewt (Interviewdauer: 30-45 Minuten). Die Interviews enthielten 18 auswertbare Aufgaben zur Teiluntersuchung „Vollkörper“ und vier auswertbare Aufgaben zur Teiluntersuchung „Auftriebskraft“.

In der Teiluntersuchung „Vollkörper“ wurden den Kindern 18 verschiedene Gegenstände gezeigt. Bei jedem Gegenstand (Holzknopf, Metalldraht, ein großes Stück Holz, ein winziges Stück Metall...) wurden die Kinder gebeten, eine Vorhersage zum Schwimmen bzw. Sinken dieses Gegenstandes abzugeben und die Vorhersage zu begründen.

In der Teiluntersuchung „Auftriebskraft“ führten die Kinder vier Experimente durch, die sie erklären sollten (ein Stein, mit einem Bindfaden an einer Angel befestigt, der ins Wasser getaucht wird und dabei spürbar leichter wird; zwei vom Volumen unterschiedliche Becher, die ins Wasser gedrückt werden und einen unterschiedlichen Widerstand erspüren lassen; ...)⁵

Die Integration der Erfahrungen im Hinblick auf die Unterrichtsfrage „Wie kommt es, dass ein eisernes Schiff nicht untergeht?“ (Teileinheit „Integration“) wurde im Prätest im offenen Format schriftlich, im Posttest gleichlautend mündlich erfragt.

Um Lernfortschritte zu erfassen, waren die Aufgaben in den Prä- und Post-Einzelinterviews identisch gewählt. Die Interviews wurden auditiv aufgezeichnet und vollständig wörtlich transkribiert.

3.3 Zur Erhebungsmethode

Einzelinterviews sind ein geeignetes Erhebungsinstrument zur Diagnostik von individuellen Verstehensprozessen (vgl. auch White & Gunstone 1999). Schriftli-

chen Tests sind sie überlegen, da Nachfragen durch den Interviewer möglich sind. Kinder können so ihre Äußerungen präzisieren und auch korrigieren. Zudem umgehen Interviews das Problem der begrenzten Lese- und Schreibfähigkeit von Grundschulkindern. Nach unseren Erfahrungen lassen sich die meisten Grundschulkindern ausgesprochen bereitwillig auf solche Einzelinterviews ein.

Um dem konstruktiven Charakter von Lernprozessen auf der Basis von Vorerfahrungen gerecht zu werden, bietet es sich an, Lernfortschritte durch einen Vergleich von Wissensbeständen vor und nach einer Unterrichtsintervention zu ermitteln (Prä- und Post-Einzelinterviews). Durch ein solches Design lassen sich *individuelle Lernfortschritte* erheben.

Um Interviews nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ auszuwerten, müssen die Aufgaben im Prä- und Post-Einzelinterview konstant und durch ein zumindest teilstandardisiertes Format auch vergleichbar gehalten werden. Gegenüber standardisierten Interviews haben teilstandardisierte Interviews den Vorteil, dass eine Vergleichbarkeit in Bezug auf die gestellten Aufgaben gegeben ist und dennoch Freiräume für Nachfragen des Interviewers vorhanden sind.

3.4 Datenauswertung

Die Interviewtexte wurden mit Hilfe induktiv gefundener Kategorien nach dem Verfahren der strukturierenden Inhaltsanalyse (vgl. Mayring 1995) aufbereitet. Als Auswertungseinheit wurde jeweils eine Aufgabe definiert. Die Kategorien beziehen sich auf den Inhalt der geäußerten Konzepte. (Beispiel: Ein Baumstamm geht unter, weil er so schwer ist = Gewichtskonzept; weil er aus Holz ist = Materialkonzept; weil er für seine Größe leicht ist = Dichtekonzept; vgl. dazu Tab. 1).

Sämtliche Interviewantworten wurden mit Hilfe der definierten und durch Beispiel-Items konkretisierten Kategorien kodiert. Die Kodierung wurde durch eine zweite Person geprüft, wobei die Übereinstimmung bei ca. 90 % lag. Im Falle von Mehrfachantworten wurde eine Entscheidung für das Konzept getroffen, welches das Kind bei allen Aufgaben am häufigsten genannt hat. Für den Fall, dass Konzepte bei den anderen Aufgaben gleich häufig vorkamen, wählten wir im zweiten Schritt das inhaltlich auf einem höheren Erklärungsniveau stehende Konzept aus. War das Erklärungsniveau jedoch gleich, wurde das vom Kind zuerst genannte Konzept ausgewählt.

In einem deduktiven Vorgehen wurden den gefundenen Kategorien Levels in Bezug auf das erreichte Verständnis zugeordnet: *Level 1* umfasst die Kategorie „*weiß nicht*“.

Unter *Level 2* wurden „*nicht belastbare Konzepte*“ zusammengefasst, die einer Überprüfung an der Sache und im Diskurs nicht standhalten, weil sie durch nicht zutreffende Vorstellungen geprägt sind. In diesen Level wurden zum Beispiel folgende Antworten eingeordnet: Ein riesiges, großes, schweres Schiff aus Eisen geht

nicht unter, „weil da ein Kapitän drauf ist. Wenn er runtergeht vom Schiff, dann sinkt es. Deshalb geht er auch als letztes von Bord.“ – „Weil es einen Motor hat.“ – „Im Hafen wird es festgebunden, damit es nicht untergeht.“ – „Weil da Luft drin ist. Luft will immer nach oben und dann zieht die das Schiff mit hoch.“ Bei der Frage nach dem Schwimmen bzw. Sinken von Gegenständen: „Ein Stück Holz schwimmt, aber ein großer Baumstamm schwimmt nicht, weil er so schwer ist.“ – „Ein Holzknopf geht unter, weil da Löcher drin sind.“ Als „ausbaufähig“ wurden diejenigen Konzepte bezeichnet, die Anknüpfungsmöglichkeiten für die Entwicklung angemessenerer Konzepte bieten (Level 3). Ausbaufähig ist zum Beispiel das Materialkonzept beim Schwimmen bzw. Sinken von Vollkörpern (Holz schwimmt, Eisen geht unter), da es Anknüpfungsmöglichkeiten für das Konzept „Dichte“ als „Eigenschaft von Materialien“ bietet.

Als „Vorkonzepte“ wurden qualitative Konzepte bezeichnet, die den physikalischen Konzepten nahe kommen, weil sie Kernideen physikalischer Konzepte beinhalten (Level 4): Die Eisennadel geht unter, „weil sie für ihre Größe ganz schwer ist.“ „Das Schiff ist leichter als genauso viel Wasser.“ „Weil das Schiff so viel Platz im Wasser braucht, drückt das Wasser stärker.“ „Das Wasser drückt (beim Schiff) stärker als das Gewicht zieht und dann gewinnt das Wasser.“ „Weil das Schiff so groß ist, will viel Wasser zurück an seinen Platz und drückt ganz stark, stärker als das Gewicht vom Schiff nach unten zieht.“

Den erreichten Levels wurden je Aufgabe – der ansteigenden Verstehensqualität entsprechend – Leistungspunkte zugeordnet, um einen gemeinsamen Leistungsscore je Teiluntersuchung berechnen zu können (Level 1: 0 Punkte, Level 2: 1 Punkt, Level 3: 2 Punkte, Level 4: 3 Punkte). Maximal waren daher in der Teiluntersuchung „Vollkörper“ bei 18 Aufgaben 54 Punkte, in der Teiluntersuchung „Auftriebskraft“ bei vier Aufgaben 12 Punkte zu erreichen (maximal erreichbare Leistung in Punkten).

3.5 Hypothesen der Untersuchung

Wir erwarten durch den Unterricht einen signifikanten Gesamtleistungsanstieg, einen signifikanten Abbau nicht belastbarer Konzepte wie auch einen signifikanten Anstieg der Vorkonzepte. Darüber hinaus erhoffen wir, dass leistungsschwache wie auch leistungsstarke Kinder, Mädchen und Jungen, vom Unterricht profitieren.

Level	Kategorie	Inhalt	Erläuterung	Ankerbeispiele
L1	A0	kein Konzept genannt		„weiß nicht“
L2	A1	Ähnlichkeitskonzept	gleiche oder ähnliche Gegenstände ohne Nennung weiterer Eigenschaften	„Der Stock schwimmt, weil im Gievenbach hab ich das auch gesehen.“
	A2	Gewichtskonzept	Leichtes schwimmt/ Schweres geht unter	„Der Baumstamm geht unter, weil der viel zu schwer ist.“
	A3	„besondere Form“-Konzept	Schwimmen und Sinken ist abhängig von der Form der Gegenstände	„... der lange Draht hält sich auf dem Wasser fest.“
	A4	Größenkonzept	Schwimmen und Sinken ist abhängig von der Größe der Gegenstände	„Die Stecknadelspitze schwimmt, weil die so winzig klein ist.“
	A5	Wasser-drückherunter-Konzept	Gegenstände mit Löchern sinken, wenn das Wasser durch das Loch kommt (und den Gegenstand nach unten drückt)	„... weil der Holzknopf solche Löcher hat, wenn da Wasser draufkommt, dann könnte der auch untergehen.“
	A6	Luft-zieht-nach-oben-Konzept	Luft will nach oben	„... da sind Luftbläschen im Holz, die Luft will nach oben.“
	A7	Gewichtsverteilungskonzept	bei flachen Dingen verteilt sich das Gewicht und deshalb ist es leicht	„... eine Eisenplatte schwimmt, weil es so verteilt ist, das Eisen auf dem Wasser.“
L3	A8	Materialkonzept (auch latent)	Schwimmen und Sinken ist abhängig vom Material, aber unabhängig von Form und Größe	„Der Baumstamm schwimmt, weil er aus Holz ist.“
L4	A9	Dichtekonzept	Volumen und Masse werden in einen Zusammenhang gebracht	die Nadelspitze geht unter, „... weil die Nadelspitze, die ist so klein und 'n bisschen schwerer“

Tab. 1: Kategorisierung des Konzeptinhaltes in Teiluntersuchung 1 (Vollkörper)

4. Darstellung der Ergebnisse

4.1 Lernfortschritte in den Teiluntersuchungen

Tabelle 2 zeigt die erreichten Leistungen und die Leistungszuwächse in beiden Teiluntersuchungen. Zum Beispiel steigern die Kinder durchschnittlich bei der Vollkörper-Untersuchung ihre Präleistung, die sich aus den Punkten für die erreichten Level je Aufgabe zusammensetzt, um 48,7 %; bei der Auftriebsuntersuchung fällt der Anstieg mit 58,5 % noch deutlicher aus. Entsprechend ist bei der Vollkörper-Untersuchung der Leistungserfolg wie auch der Leistungszuwachs im Verhältnis zur maximal möglichen Leistung⁷ (Totalleistungsmaßstab) geringer als bei der Auftriebskraft-Untersuchung. Der erreichte Wert von 60,0 % der maximal möglichen Leistung in der Vollkörper-Untersuchung lässt den Schluss zu, dass die Klasse im Durchschnitt in dieser Teiluntersuchung nicht über den Level 3 (Materialkonzept) hinausgekommen ist. Bei der Auftriebskraft-Untersuchung schneidet der Durchschnitt der Klasse mit dem erreichten Wert von 73,0 % der maximal möglichen Leistung deutlich über dem Level 3 ab.⁸ In beiden Teiluntersuchungen ist aber ein Leistungszuwachs ersichtlich; die Kinder verbessern sich im Durchschnitt um mehr als einen halben Level.

Die Tabellen 3a und b enthalten die Häufigkeitsverteilungen ausgewählter, dominierender Konzepte. In der Vollkörper-Untersuchung (Tab. 3a) dominierte im Prätest das sog. Gewichtskonzept (alles Schwere sinkt, alles Leichte schwimmt) unter den nicht belastbaren Konzepten auf dem Level 2; neun Kinder hatten im Prätest ein (relativ) stabiles⁹ Gewichtskonzept. Im Posttest war das Gewichtskonzept nur noch bei einem Kind (relativ) stabil; drei Kinder hatten es völlig abgebaut, weitere 12 Kinder nannten dieses Konzept nur noch in maximal der Hälfte der Aufgaben. In der Auftriebsuntersuchung (Tab. 3b) war der Abbau noch erfolgreicher: Während das Luftkonzept (ein Ball schwimmt, weil Luft darin ist und Luft zieht nach oben) noch im Prätest von 11 Kindern in mindestens einer Aufgabe genannt wird, nennen es 14 Kinder im Posttest in keiner Aufgabe.

Auch der Aufbau angemessener Konzepte verlief relativ erfolgreich (vgl. Tab. 3a und 3b): In der Vollkörper-Untersuchung verfügen sieben Kinder (von 16) im Posttest über ein stabiles Materialkonzept (Level 3); im Prätest gilt dieses nur für zwei Kinder. Allerdings haben nur zwei Kinder im Posttest ein (relativ) stabiles Dichtekonzept (Level 4) aufbauen können; bei acht Kindern ist aber zumindest ein (relativ) labiles Dichtekonzept vorhanden. Dieses Ergebnis ist beachtlich, da im Prätest nur ein Kind in zwei Aufgaben ein Dichtekonzept geäußert hat.

In der Auftriebsuntersuchung haben dagegen acht Kinder im Posttest ein (relativ) stabiles Druckkonzept auf dem höchsten Level (Level 4) erreichen können; im Prätest galt dieses nur für drei Kinder. Entsprechend höher ist hier die erreichte

durchschnittliche Leistung im Verhältnis zur maximal möglichen Leistung (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 4 gibt die durchschnittliche Nennung einzelner Konzepte (mit Standardabweichungen) und die entsprechenden Levels in der Vollkörper- und Auftriebskraft-Untersuchung wieder, bezogen auf 18 Aufgaben bei der Teiluntersuchung „Vollkörper“ und auf vier Aufgaben bei der Teiluntersuchung „Auftriebskraft“.

Die Werte zeigen, dass in der Teiluntersuchung „Vollkörper“ bei den nicht belastbaren Konzepten das im Prätest am häufigsten vertretene Gewichtskonzept stark zurückging: Während es im Prätest noch durchschnittlich in 10,06 Aufgaben genannt wurde, trat es im Posttest nur noch in durchschnittlich 3,5 von 18 Aufgaben auf. Gleiches gilt in der Teiluntersuchung „Auftriebskraft“ für das am häufigsten genannte Luftkonzept: Dieses nicht belastbare Konzept wurde im Prätest in durchschnittlich einer Aufgabe als Erklärung herangezogen; im Posttest wurde es im Durchschnitt nur noch bei 0,18 von vier Aufgaben genannt.

Inferenzstatistische Prüfungen ergaben Folgendes: Mit dem Wilcoxon-Test konnten in beiden Teiluntersuchungen signifikante Anstiege (einseitig $p \leq 0.01$) der Gesamt-Leistungsscores im Vergleich von Prä- und Posttest nachgewiesen werden. Der Abbau nicht belastbarer Konzepte (Level 2) und der Aufbau von Vorkonzepten (Level 4) waren in beiden Teiluntersuchungen ebenfalls signifikant (Wilcoxon-Test einseitig, $p \leq 0.01$).

4.2 Lernfortschritte im Subgruppenvergleich

Tabelle 2 enthält ebenfalls die Zuwächse zu den Anfangsleistungen in Abhängigkeit vom Geschlecht. Mädchen und Jungen unterscheiden sich in den Eingangsleistungen nur geringfügig; dieser Unterschied wird durch den Leistungszuwachs in der Vollkörper-Untersuchung verringert, in der Auftriebs-Untersuchung leicht vergrößert. Insgesamt ergeben Mann-Whitney-Tests keine signifikanten Geschlechtsunterschiede in beiden Teiluntersuchungen, weder im Leistungszuwachs noch in der erreichten Postleistung. Dieses Ergebnis ist vor dem Hintergrund geschlechtsspezifischer Differenzen im Fach Physik bei den Leistungserfolgen bzw. -fortschritten von Mädchen und Jungen an weiterführenden Schulen durchaus bemerkenswert.

Die ebenfalls in Tabelle 2 ausgewiesenen Unterschiede zwischen Extremgruppen mit hoher und geringer Leistungsstärke sind weder in der Postleistung noch im Leistungszuwachs signifikant. Allerdings zeigen die erreichten Werte einen höheren absoluten Lerngewinn der leistungsstarken Kinder in beiden Teiluntersuchungen; in der Auftriebsuntersuchung fällt die Differenz im Lernzuwachs zwischen beiden Gruppen noch stärker aus als in der Vollkörper-Untersuchung.

4.3 Lernfortschritte bei der Wissensintegration

Die vollzogenen Konzeptveränderungen wirken sich deutlich aus bei der Integration des Wissens in der Beantwortung der Unterrichtsfrage („Wie kommt es, dass ein eisernes Schiff nicht untergeht?“). Abbildung 1 zeigt die erreichten Konzepte im Vergleich von Prä- und Posttest: Während im Prätest (schriftlich) Konzepte auf dem nicht belastbaren Niveau (Level 2) dominierten und kein Kind den höchsten Level erreichte, formulierten im Posttest (mündlich) elf Kinder ein Konzept auf dem höchsten Level. Im Prätest dominierte das Antriebskonzept eindeutig bei acht Kindern (ein Schiff schwimmt wegen des Motors, wegen der Segel ...); auch das Hohlkörperkonzept wurde von sechs Kindern genannt (ein Schiff schwimmt, weil es hohl ist).

Im Posttest argumentierten immerhin 11 Kinder auf dem Level 4-Niveau: Das Schiff schwimmt, weil das Wasser drückt (Druckkonzept), weil das Schiff so viel Wasser verdrängt (Verdrängungskonzept), weil das Schiff leichter ist als genauso viel Wasser (Dichtekonzept). Obwohl die Kinder in den Experimenten beobachten konnten, dass keineswegs *alle* Hohlkörper schwimmen, bleibt bei drei Kindern das Hohlkörperkonzept auch im Posttest noch bestehen. Bei einem Kind ist eine Hybridvorstellung entstanden: „Weil das Schiff hohl ist, ist das Material so weit auseinandergezogen, das ist so wie die Teilchen beim Holz, deshalb schwimmt das Schiff.“

4.4 Analyse von Levelwechseln

Tabelle 5 zeigt die Veränderungen in den maximal erreichten Levels zwischen Prä- und Posttest, aufgeschlüsselt nach der Zahl der Kinder. Im Falle von Levelwechseln wurden die Werte durch Fettdruck hervorgehoben.

Insgesamt 11 Kinder erreichten in der Vollkörper-Untersuchung im Posttest mindestens einmal einen höheren Level als im Prätest: Zwei Kinder steigerten sich von Level 2 auf Level 3, neun Kinder von Level 3 auf Level 4. Bei fünf Kindern fand in dieser Teiluntersuchung kein Wechsel zu einem höheren Level statt; vier Kinder erreichten sowohl im Prä- wie auch im Posttest maximal Level 3; ein Kind hatte bereits im Prätest Level 4 erreicht.

Auftriebskraft-Untersuchung: Sieben Kinder haben hier Veränderungen in den höchsten erreichten Levels erreicht. Sechs Kinder hatten bereits im Prätest den höchsten Level, also das Druckkonzept, in mindestens einer Aufgabe erreicht. Zwei Kinder wechselten bei mindestens einer Aufgabe sogar von Level 2 auf Level 4. Nur vier Kinder blieben auf den im Prätest erreichten Levels 2 bzw. 3.

Integrationsfrage: Hier haben 14 von 17 Kindern einen Wechsel im Level erreicht. Sechs Kinder wechselten sogar von Level 2 auf Level 4. Insgesamt 11 von 17 Kindern haben den höchsten Level erreicht; nur ein Kind ist auf dem nicht belastbaren Level 2 verblieben.

Die Ergebnisse der Tabelle dürfen allerdings nicht überinterpretiert werden, da es sich nur um die in mindestens einer Aufgabe erreichten Levels handelt. Eine Aussage über die Stabilität des Wechsels von einem Level zum anderen in Bezug auf die gestellten Aufgaben ist aus diesen Daten nicht zu entnehmen. Allerdings zeigen die Daten, dass die höheren Levels von der Mehrzahl der Kinder zumindest in einer Aufgabe genannt werden. Insbesondere die Auswertung der Integrationsfrage deutet auf einen sehr guten Lernerfolg bei 11 von 17 Kindern hin.

4.5 Anteil der Konzeptbewegungen am Lernfortschritt

Lernfortschritte können durch verschiedenartige Konzeptveränderungen erreicht werden. Einen großen Anteil am Lernfortschritt nimmt der Abbau nicht belastbarer Konzepte ein. In unseren Teiluntersuchungen waren vor allem der Abbau des Gewichtskonzeptes bei der Vollkörper-Untersuchung und der Abbau des Luftkonzeptes bei der Auftriebskraft-Untersuchung zu beobachten.

Lernfortschritte machen Kinder auch, wenn angemessenere Konzepte, das heißt ausbaufähige Konzepte oder Vorkonzepte, neu aufgebaut werden.

Werden ausbaufähige Konzepte oder Vorkonzepte im Posttest häufiger als im Prätest genannt, so sprechen wir von einer Verstärkung angemessenerer Konzepte. Auch diese Verstärkungen führen zu einem Lernfortschritt.

Die Abbildung 2 zeigt, dass in der Vollkörper- und Auftriebskraft-Untersuchung der Leistungszuwachs im Posttest primär auf den Aufbau von neuen Konzepten zurückzuführen ist (Neuaufbau); an zweiter Stelle folgt der Abbau von Präkonzepten, an dritter die Verstärkung bereits vorhandener Konzepte.

In der Auftriebskraft-Untersuchung steigert allein der Neuaufbau von Konzepten das Ausgangsniveau der Leistung um 86,6 %. Die Prä-Leistung wurde also überwiegend durch neu aufgebaute Konzepte im Posttest gesteigert. Neu aufgebaut wurden belastbare Konzepte (ein Kind) und Vorkonzepte (sechs Kinder) (vgl. Tabelle 5). Weitergehende Analysen zeigen, dass im Falle solcher Levelwechsel die höherwertigen Konzepte bei über einem Drittel der Post-Aufgaben genannt wurden.

In der Vollkörper-Untersuchung konnte das Ausgangsniveau durch den Neuaufbau von Konzepten um 62,6 % gesteigert werden. Neu aufgebaut wurden in dieser Teiluntersuchung belastbare Konzepte (zwei Kinder) und Vorkonzepte (neun Kinder) (vgl. Tabelle 5). Auch hier zeigen weitergehende Analysen, dass der Neuaufbau relativ stabil ist: In der Gruppe der Wechsler von Level 2 nach 3 entfallen im Posttest durchschnittlich 15,5 von 18 Aufgaben auf Level 3. Daraus kann geschlossen werden, dass das Materialkonzept von den entsprechenden Levelwechslern relativ stabil aufgebaut wurde. Der Wechsel von Level 3 nach 4 führte allerdings zu weniger stabilen Nennungen des Vorkonzeptes; im Mittel wird nur bei 3,4 von 18 Aufgaben Level 4 erreicht.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in beiden Teiluntersuchungen Konzepte auf Level 2 (nicht belastbare Konzepte) zugunsten von Konzepten auf Level 3 (ausbaufähige Konzepte) bzw. auf Level 4 (Vorkonzepte) und Konzepte auf Level 3 zugunsten von Konzepten auf Level 4 abgebaut wurden, wobei die Stabilität der neu aufgebauten Konzepte unterschiedlich ausgeprägt war.

Der Leistungsanstieg lässt sich ebenfalls auf die Verstärkung von Präkonzepten im Posttest zurückführen, wenn auch in geringerem Maße. In der Vollkörper-Untersuchung ist die Verstärkung von Konzepten mit einem Leistungsanstieg um 41,8 % verbunden und damit relativ bedeutsam. Tabelle 4 zeigt, dass die Verstärkung in erster Linie auf die fünf Kinder zurückzuführen ist, welche das Materialkonzept (Level 3) und das Vorkonzept (Level 4) bereits im Prätest genannt hatten. In der Auftriebskraft-Untersuchung fällt das Niveau der Leistungssteigerung durch Verstärkung geringer aus (23,4 %), hier verstärkten sechs Kinder das bereits vorhandene Vorkonzept „Druck“, drei Kinder verstärkten belastbare Konzepte (vgl. Tabelle 4).

Auffällig ist auch der hohe Anteil der abgebauten Konzepte am Leistungserfolg in beiden Teiluntersuchungen. Auch wenn dieser Abbau nicht bei allen Kindern stabil war, weist doch der hohe Anteil der abgebauten Konzepte am Leistungserfolg auf erhebliche Konzeptwechsel hin.

5. Interpretation der Ergebnisse

Die Hypothesen der Untersuchung wurden im Prä-Postvergleich durch den signifikanten Anstieg des Leistungsscores, den signifikanten Anstieg der Vorkonzepte und den signifikanten Abbau nicht belastbarer Konzepte bestätigt.

Aufgrund der deutlichen Lernfortschritte kann vermutet werden, dass die untersuchte Gruppe mit der Unterrichtsthematik nicht überfordert war. Der Einfluss von Geschlecht und Leistungsstärke ist gering; auch Mädchen profitieren von dem Unterricht, auch leistungsschwache Kinder machen erhebliche Lernfortschritte. Zwar kann der Unterricht die bestehenden Unterschiede nicht ausgleichen, doch sind die auftretenden Schereneffekte für eine derart anspruchsvolle inhaltliche Thematik erstaunlich gering.

Besonders eindrucksvoll ist der Lernerfolg bei der Integrationsfrage. Während im Prätest kein Kind den höchsten Level erreichte, äußerten 11 Kinder (von 17 Kindern) im Posttest relativ angemessene Vorkonzepte. Dieses Ergebnis ist beachtlich, wenn man bedenkt, dass der Posttest zehn Wochen nach dem Unterricht durchgeführt wurde.

Die durchweg besseren Ergebnisse in der Teiluntersuchung „Auftriebskraft“ können vielleicht darauf zurückgeführt werden, dass das Vorkonzept „Druck“ für Grundschul Kinder eine hohe Plausibilität und Fruchtbarkeit durch entsprechende

Versuche und Alltagserfahrungen besitzt, so dass Konzeptwechselprozesse erleichtert werden. Das Konzept der Dichte dagegen scheint dem Verständnis der Grundschul Kinder nicht in gleichem Maße zugänglich zu sein; hier wären ggfs. weitere Lernhilfen zu erproben.

Neben dem Neuaufbau von Konzepten waren maßgeblich der Abbau von lernbehindernden Konzepten am Leistungsanstieg beteiligt. Das Ziel des Unterrichts, aktive Konzeptwechselprozesse anzuregen, kann in hohem Maße als erreicht gelten, auch wenn nicht alle Kinder Konzepte auf dem höchsten Level erreicht haben. Die Ergebnisse zeigen in Übereinstimmung mit der Conceptual-Change- und Präkonzeptforschung auch, dass Konzeptveränderungen sehr fragile Prozesse sind. Nur wenigen Kindern gelingt ein völlig stabiler Konzeptwechsel, häufig verursachen situative Bedingungen noch die Labilität von Konzepten.

Zu vermuten ist aber, dass ein Übergang von stabilen, nicht belastbaren Konzepten zu ausbaufähigen Konzepten oder Vorkonzepten auch dann einen wichtigen Lernfortschritt beinhaltet, wenn dieser Wechsel noch nicht stabil ist. Die Instabilität des Denkens im Lernprozess scheint geradezu eine Vorbedingung für den stabilen Aufbau angemessenerer Konzepte zu sein.

6. Zur Methode der Interviewdiagnostik

Das Ziel der Untersuchung, ein quantifizierbares Verfahren für die Auswertung inhaltsreicher, „weicher“ Daten zu entwickeln, konnte erreicht werden.

Der Vergleich von Prä- und Posttest-Ergebnissen ermöglicht eine Diagnostik erreichter Lernfortschritte auf der Basis von Ausgangsvorstellungen. So wird der individuell erreichte Wissensstand nicht nur am Endziel (also am höchsten erreichbaren Level), sondern auf der Basis des vor dem Unterricht vorhandenen Wissens gemessen. Die vorgestellte Methode der Wissensdiagnostik eignet sich daher insbesondere, um Konzeptwechsel und Konzeptdifferenzierungen zu erfassen.

Mit der Differenzierung von Levels wird es möglich, auch graduelle Annäherungen im Verstehen messbar zu machen und Lernfortschritte als Weiterentwicklung von Ausgangsvorstellungen differenziert zu erfassen.

In Bezug auf die Validität des Verfahrens bleiben dennoch einige Fragen offen. Zwar scheinen Interviews schriftlichen freien Äußerungen überlegen zu sein, weil die mündliche Kommunikation Grundschulkindern leichter fällt als schriftliche Äußerungen. Allerdings kann nicht aus dem mündlich Geäußerten sicher auf interne Kognitionen geschlossen werden. Zumindest muss berücksichtigt werden, dass die Befragten nicht ihr gesamtes Wissen in jeder Aufgabe präsentieren. Zum Beispiel bemerkten wir in den Interviews, dass die Kinder trotz aufgebautem Dichtekonzept in den Aufgaben zum Schwimmen und Sinken von Vollkörpern mit dem Materialkonzept antworteten; vielleicht weil es dem Allgemeinverständnis

nis entspricht, dass Holz in der Regel schwimmt, Metallstücke aber untergehen. Es ist also durchaus möglich, dass die Befragten zum Beispiel über das Dichtekonzept verfügten, auch wenn sie dieses nicht äußern. In weiteren Untersuchungen sollen deshalb gezielte Fragen nach dem Aufbau dieses Konzeptes in den Interviewleitfäden aufgenommen werden.

Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, die sprachlichen Äußerungen der Kinder angemessen zu deuten. So war es z. B. nicht leicht, Äußerungen mit dem Begriff „schwer“ zu deuten, da Kinder mit diesem Wort sowohl die absolute Masse als auch die Dichte im Sinne eines „schweren“ Materials bezeichnen. Hier wären gezielte Nachfragen erforderlich gewesen.

Einen anderen Unsicherheitsfaktor bilden sogenannte Ad-Hoc-Konstruktionen. In der Interviewsituation wurden in manchen Situationen Antworten genannt, die auf Verlegenheitsantworten oder auch auf sozial erwünschte Antworten hindeuten. Diese Unsicherheiten lassen es sinnvoll erscheinen, nach Verfahren zu suchen, die eine Validierung der ermittelten Ergebnisse ermöglichen.¹⁰ Möglich wären z. B. ergänzende schriftliche Multiple-Choice-Tests oder auch die Überprüfung der Gültigkeit der aus den Interviews diagnostizierten Konstruktionen in nachträglichen Gesprächen der Versuchsleiter mit den Befragten.

Die vorgestellte Pilotstudie beschränkt sich aus methodischen Gründen auf die Diagnostik kognitiver Lernfortschritte; nicht-kognitive Zielsetzungen blieben in dieser Erhebung (nicht im Unterricht) unberücksichtigt. Die beobachteten Reaktionen der Schülerinnen und Schüler deuteten jedoch auf eine hohe Lernzufriedenheit hin. In weiterführenden Untersuchungen soll ergänzend die Vereinbarkeit von kognitiven und nicht-kognitiven Zielsetzungen im Sinne einer multi-kriterialen Zielerreichung geprüft werden.

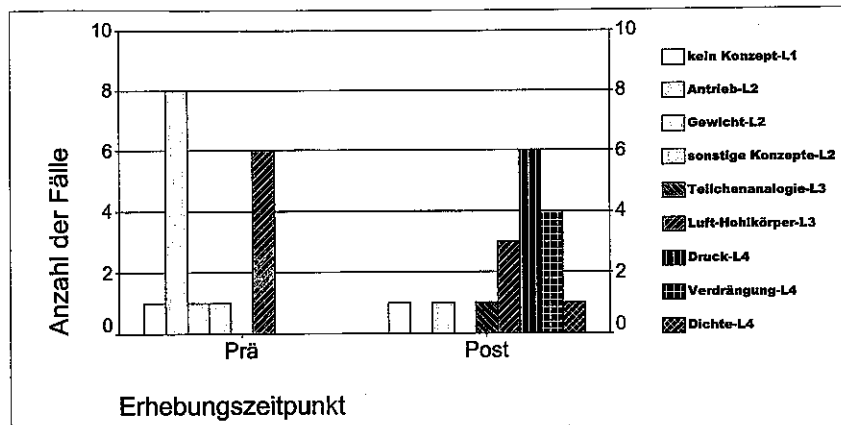


Abb. 1: Konzepte und Level bei der Integrationsfrage im Prä-Post-Vergleich (N=17)

Teilerhebung	gesamt	männlich (n = 9)	weiblich (n = 7;8) ⁴	hohe Leistungsstärke (n = 6;7) ⁴	geringe Leistungsstärke (n = 7)
Vollkörper Prä	100,0 (40,3)	107,6 (43,2)	90,9 (36,5)	115,3 (46,3)	89,0 (35,7)
Vollkörper Zuwachs Post	48,7 (19,6)	47,7 (19,1)	50,1 (20,1)	55,4 (22,2)	41,5 (16,7)
Auftriebskraft Prä	100,0 (46,1)	102,5 (47,2)	97,2 (44,8)	105,9 (48,8)	90,4 (41,7)
Auftriebskraft Zuwachs Post	58,5 (27,0)	62,3 (28,7)	54,3 (25,0)	74,9 (34,5)	43,9 (20,2)
	158,5 (73,1)	164,8 (75,9)	151,5 (69,8)	180,8 (83,3)	134,3 (61,9)

- nach Noten in Mathematik und Deutsch (hoch: 1+ bis 2+; leistungsschwach: 3- bis 4-); Die mittlere Gruppe (n = 3) mit den Noten 2 bis 3 bleibt unbeachtet (Extrem-Gruppenvergleich)
- in Klammern; Skalen-Wertebereich für Vollkörper: 0 bis 54, für Auftriebskraft: 0 bis 12 Punkte
- Abweichungen durch Rundungen
- In der Vollkörper-Erhebung wurde ein leistungsstarkes Mädchen weniger befragt als in der Auftriebskraft-Untersuchung.

Tab. 2: Vollkörper-(N = 16) und Auftriebskraft-Untersuchung (N = 17) Prä-Leistungen & Post-Zuwächse/Gesamtleistungen (Gesamt, nach Geschlecht und nach Leistungsstärke [Mathematik/Deutsch]¹⁾)

Konzepte		Zahl der Nennungen																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gewichtskonzept	Prä	0	1	1	1	0	0	1	0	0	3	1	3	0	0	0	3	1	0	1
	Post	3	2	3	2	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Materialkonzept	Prä	2	3	1	3	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	Post	1	2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2	0	0	1	2	1	0	0
Dichtekonzept	Prä	15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Post	6	3	1	0	1	1	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Tab. 3a: Häufigkeitsverteilung der Nennungen ausgewählter Konzepte im Prä- und Posttest in der Teiluntersuchung „Vollkörper“ (N = 16, 18 Aufgaben)

		Zahl der Nennungen				
		0	1	2	3	4
Luftkonzept	Prä	6	6	4	1	0
	Post	14	3	0	0	0
Wasserdruckkonzept	Prä	11	3	0	3	0
	Post	5	1	3	5	3

Tab. 3b: Häufigkeitsverteilung der Nennungen ausgewählter Konzepte im Prä- und Posttest in der Teiluntersuchung „Auftriebskraft“ (N = 17, 4 Aufgaben)

Teilerhebung	Level	Konzepte	Prätest Mittelwert (Standardabweichung)	Posttest Mittelwert (Standardabweichung)
Vollkörper (N = 16; 18 Aufgaben)	Level 1	Kein Konzept genannt	0,50 (0,97)	0,44 (0,73)
	Level 2	Ähnlichkeits-Konzept	0,81 (1,11)	0,44 (1,03)
		Gewichts-Konzept	10,06 (5,11)	3,50 (3,25)
		Besondere-Form-Konzept	1,94 (2,82)	1,50 (1,79)
		Größen-Konzept	0,25 (0,77)	0,01 (0,25)
		Wasser drückt herunter-Konzept	0,25 (0,77)	0,50 (1,10)
		Gewichtsverteilungs-Konzept	0,01 (0,25)	0,01 (0,25)
		Gesamt (Level 2)	13,32 (4,18)	5,96 (4,20)
	Level 3	Material-Konzept	4,00 (3,89)	8,25 (5,30)
	Level 4	Vorkonzept „Dichte“	0,13 (0,50)	3,25 (4,10)
Auftriebskraft (N = 17; 4 Aufgaben)	Level 1	Kein Konzept genannt	0,65 (0,86)	0,24 (0,56)
	Level 2	Eigenkraft-Konzept	0,35 (0,79)	0,29 (0,69)
		Luft-Konzept	1,00 (0,94)	0,18 (0,39)
		Andere Konzepte	0,53 (1,01)	0,29 (0,59)
		Gesamt (Level 2)	1,88 (1,22)	0,76 (0,97)
	Level 3	Hohlraum-Konzept	0,18 (0,53)	0,12 (0,33)
		Leichtigkeit im Wasser-Konzept	0,41 (0,51)	0,35 (0,49)
		Widerstands-Konzept	0,18 (0,53)	0,53 (1,01)
		Gesamt (Level 3)	0,77 (0,75)	1,00 (1,06)
	Level 4	Druckkonzept	0,71 (1,16)	2,00 (1,54)

Tab. 4: Konzepte und Levels: Mittelwerte und Streuungen in der Vollkörper- und Auftriebskraft-Untersuchung

Teilerhebung	Vollkörper (N=16)				Auftriebskraft (N=17)				Integrationsfrage Eiserner Hohlkörper (N=17)							
erreichte Level-Spitze																
Höchster Prä-Level	2	3	3	4	2	2	2	3	3	4	1	2	2	2	3	3
Höchster Post-Level	3	3	4	4	2	3	4	3	4	4	1	2	3	4	3	4
Anzahl der Fälle	2	4	9	1	1	1	2	3	4	6	1	1	3	6	1	5

1) Werte fett markiert im Fall eines Levelwechsels

Tab. 5: Häufigkeiten von Level-Spitzen

Prä-Post-Vergleich nach Teilerhebungen¹ (höchster, mindestens einmal erreichter Level in den gestellten Aufgaben)

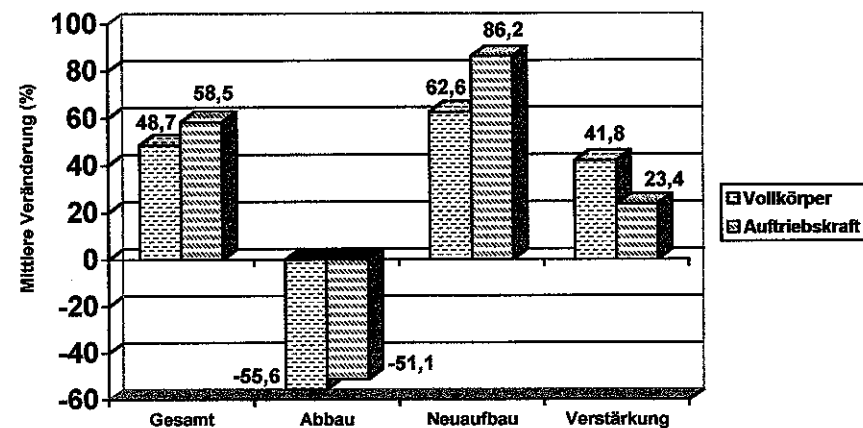


Abb. 2: Vollkörper (N=16) und Auftriebskraft-Erhebung (N=17)

Anmerkungen

- An der Auswertung waren ebenfalls beteiligt: Inken Büsch, Kristina Dohm, Nadine Prenger-Berninghoff, Ute Westerwalbesloh. Die Erhebungen wurden von Studierenden des Sachunterrichtsstudienganges im Rahmen von Examensarbeiten durchgeführt.
- Lehr-Lernumgebungen, die nach den genannten Prinzipien gestaltet werden, haben viele Gemeinsamkeiten (vgl. Möller 2001 b).
- Der Unterricht wurde unter annähernd normalen Klassenbedingungen mit 26 Schülerinnen und Schülern durchgeführt. 17 dieser Kinder wurden zufällig für die individuellen Lerndiagnosen ausgewählt.

- 4 Der Unterricht wurde von einer Forschergruppe in unserem Institut vorbereitet (Walburga Henry, Ingrid Nachtigäller, Susanne Lips, Kornelia Möller). Ein Mitglied der Gruppe führte den Unterricht durch.
- 5 In der Erhebung wurden 24 (Teiluntersuchung I) bzw. 6 Aufgaben (Teiluntersuchung II) gestellt; sechs Aufgaben in der Teiluntersuchung I, zwei Aufgaben in der Teiluntersuchung II mussten aus der Auswertung herausgenommen werden, da Missings durch Missachten des Interviewleitfadens durch die Interviewer entstanden waren.
- 6 Die hier genannten Aussagen sind eigensprachliche Formulierungen der Kinder.
- 7 Als maximal mögliche Leistung wird die maximal erreichbare Punktzahl bezeichnet. In der Vollkörperuntersuchung handelt es sich bei 18 Aufgaben auf Level 4 um maximal 54 Punkte, in der Auftriebsuntersuchung bei vier Aufgaben auf Level 4 um maximal 12 Punkte (pro Aufgabe gibt es drei Punkte bei erreichtem Level 4).
- 8 Wäre bei allen Aufgaben Level 3 erreicht worden, so entspräche das 66,6 % der maximal erreichbaren Leistung.
- 9 Als relativ stabil werten wir ein Konzept, wenn es in mehr als der Hälfte der gestellten Aufgaben als Konzept genannt wird. Als relativ labil stufen wir ein Konzept ein, wenn es in der Hälfte oder weniger als der Hälfte der Aufgaben als Konzept genannt wird.
- 10 In unserer Untersuchung führten wir probeweise zusätzliche qualitative Lern Diagnosen durch, die den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf die Integrationsfrage aufgrund von Unterrichtsbeobachtungen und Zwischeninterviews beschrieben. Die Ergebnisse der Lern Diagnosen waren nahezu identisch mit den Ergebnissen der quantifizierenden Interviewdiagnostik.

Literatur

- Banholzer, A. (1936). *Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde einer hohen philosophischen Fakultät der Eberhard Karls-Universität zu Tübingen*. Stuttgart: Widmann.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? In S. Carey & R. Gelman (Hrsg.), *The epigenesis of mind. Essays on biology and cognition* (S. 257-291). Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr-Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 905-923.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 867-887.
- Janke, B. (1995). Entwicklung naiven Wissens über den physikalischen Auftrieb: Warum schwimmen Schiffe? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 17, 122-138.
- Kircher, A. & Rückel, B. (1992). Warum Eisenschiffe schwimmen. In K. H. Wiebel (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik, Chemie in Hamburg, September 1991* (S. 101-103). (= Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 12) Alsbach, Bergstraße: Leuchtturm-Verlag.
- Köhnlein, W. (1999). Vielperspektivität und Ansatzpunkte naturwissenschaftlichen Denkens. Analyse von Unterrichtsbeispielen unter dem Gesichtspunkt des Verstehens. In W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Vielperspektives Denken im Sachunterricht* (S. 88-124). (= Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 3) Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Lauterbach, R. (1992). Naturwissenschaftlich orientierte Grundbildung im Sachunterricht. In Riquarts, K. u. a. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland. Bd. 3: Didaktik* (S. 191-256). Kiel: IPN.
- Mayring, P. (1995): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 5. Aufl. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Möller, K. (1999). Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Vielperspektives Denken im Sachunterricht* (S. 125-191). (= Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 3) Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K. (2001a). Wissenserwerb und Wissensqualität im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht. In J. Kahlert & E. Inckemann (Hrsg.), *Wissen, Können und Verstehen – über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht* (S. 115-126). (= Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 11) Bad Heilbrunn, Obb.: Klinkhardt.
- Möller, K. (2001b): Genetisches Lehren und Lernen – Facetten eines Begriffs. In: D. Cech, B. Feige, J. Kahlert, G. Löffler, H. Schreier, H.-J. Schwier & U. Stoltenberg (Hrsg.), *Die Aktualität der Pädagogik Martin Wagenscheins für den Sachunterricht. Walter Köhnlein zum 65. Geburtstag* (S. 15-30). Bad Heilbrunn, Obb.: Klinkhardt.
- Möller, K. (2001c). Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In K. Czerwenka, K. Nölle & H.-G. Roßbach (Hrsg.), *Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 4*. (S. 16-31) Opladen: Leske und Buderich.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1977). *Von der Logik des Kindes zur Logik des Heranwachsenden*. Olten u. a.: Walter.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1999). *Unterrichten und Lernumgebungen gestalten*. (= Forschungsbericht, Bd. 60, überarbeitete Fassung) München: Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Renkl, A., Gruber, H. & Mandl, H. (1996). *Situated learning in instructional settings: From euphoria to feasibility*. (= Forschungsbericht Nr. 74) München: Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Thiel, S. (1990). Grundschulkinder zwischen Umgangserfahrung und Naturwissenschaft. In M. Wagenschein (Hrsg.), *Kinder auf dem Wege zur Physik* (S. 90-180). (= Pädagogische Bibliothek, Bd. 2) Weinheim, Basel: Beltz.
- Weinert, F. E. & Hemke, A. (1995). Learning from wise mother nature or big brother instructor: The wrong choice as seen from an educational perspective. *Educational Psychologist*, 41, 135-142.
- White, R. & Gunstone, R. (1999). Alternativen zur Erfassung von Verstehensprozessen. *Unterrichtswissenschaft*, 27, 128-134.