



Welche Unterrichtsstrategien verändern geographische Alltagsvorstellungen nachweislich?

**Eine empirische Studie zum Conceptual Change am Beispiel
subjektiver Theorien über Grundwasser**

Sibylle Reinfried 

Zitieren dieses Artikels:

Reinfried, S. (2007). Welche Unterrichtsstrategien verändern geographische Alltagsvorstellungen nachweislich? Eine empirische Studie zum Conceptual Change am Beispiel subjektiver Theorien über Grundwasser. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 35(1), S. 20-40. doi 10.60511/zgd.v35i1.232

Quote this article:

Reinfried, S. (2007). Welche Unterrichtsstrategien verändern geographische Alltagsvorstellungen nachweislich? Eine empirische Studie zum Conceptual Change am Beispiel subjektiver Theorien über Grundwasser. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 35(1), pp. 20-40. doi 10.60511/zgd.v35i1.232

Welche Unterrichtsstrategien verändern geographische Alltagsvorstellungen nachweislich?

Eine empirische Studie zum Conceptual Change am Beispiel subjektiver Theorien über Grundwasser.

Sibylle Reinfried

Summery

Which are effective teaching strategies to change preconceptions in geography? A n empirical study on conceptual change about groundwater.

This study investigates the impact of different teaching approaches on conceptual change in geography. By using the mental model-building strategy, a moderate constructivist approach, the author could show in her previous research that preconceptions concerning groundwater occurrence in nature could be changed efficiently. Subsequently the question arose whether a cognitivist approach, based on guided instruction, would be equally efficient, if teaching strategies were chosen that have empirically proved their high efficacy for learning. A quasi-experimental research design was chosen to teach two classes of 14-year old secondary students at a Zurich high school. One class was taught in a more constructivist way, the other in a guided approach using a number of cognitivist strategies. The statistical analysis of the data that was gained through quantitative and qualitative methods, revealed a significant impact on conceptual change independently of the teaching method. Significant changes related to one or the other teaching method could not be found. The study confirmed results of other researcher who found that conceptual change could be induced through different teaching and learning approaches, as long as they help the learners to grasp new knowledge, to process it and to connect it with their existing knowledge. Additionally it is crucial to offer opportunities for self-regulated and self-reliant learning. It's a challenge for geography education to establish such new teaching approaches in every day teaching practice. To master this challenge the discipline has to become aware of the findings of pedagogical psychology about teaching and learning and to integrate these findings into geography education to contribute substantially to the professional development of geography teachers.

1. Anlass und Zielsetzung der Studie

Seit langem ist bekannt, dass Schülerinnen und Schüler mit eigenen Vorstellungen über zu lernende Begriffe, Prinzipien und Phänomene in den Unterricht kommen. Diese stammen von Alltagserfahrungen al-

ler Art und werden subjektive Theorien, Alltagsvorstellungen, Präkonzepte oder naives Wissen genannt. Sie stimmen mit wissenschaftlichen Erkenntnissen häufig nicht überein und lassen sich im Unterricht nicht einfach überwinden oder ersetzen. Da sich subjektive Theo-

rien als zentrale Ursache für Lernschwierigkeiten erwiesen haben (DUIT 1993, S. 16), müssen Lehrkräfte die Alltagsvorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler kennen und in ihre Unterrichtsplanung einbeziehen. Subjektive Theorien werden aus kognitionspsychologischer Perspektive als multiple mentale Repräsentationen eines Wissensgegenstandes aufgefasst. Dabei wird davon ausgegangen, dass das dem Menschen angeborene Neugierverhalten dafür sorgt, dass schon Kinder ihre Umgebung beobachten und manipulierend erforschen und sich dabei ihr Weltwissen konstruieren bzw. subjektive Theorien entwickeln (KRAPP/WEIDENMANN 2001, S. 53). Mit subjektiven Theorien wird Wissen bezeichnet, das auf Alltagserfahrungen beruht, welche die Handlungen eines Individuums leiten und/oder rechtfertigen (SCHNOTZ 2001, S. 75ff). Subjektive Theorien betreffen unsere gesamte Umweltwahrnehmung und sind häufig nicht mit dem in der Schule vermittelten Wissen kompatibel.

Am Beispiel des Themas Grundwasser hat die Autorin Art und Herkunft subjektiver Theorien erforscht (REINFRIED 2005, 2006a, 2006b, 2006d) und gezeigt, wie unterschiedlich solche Vorstellungen sein können. Der Praktiker fragt sich, wie solche Vorstellungen verändert werden können, wie also ein Vorstellungswechsel oder realistischer formuliert ein Vorstellungswandel (auch Conceptual Change genannt) induziert werden kann. Die Forschung zeigt, dass mit her-

kömmlichem Frontalunterricht eine solche Vorstellungsänderung nicht gelingt (DUIT 1993; HERON 2003). Konstruktivistische Unterrichtsansätze scheinen erfolgreicher zu sein (DUIT 2004). Dies konnte REINFRIED (2006a) auch am Beispiel des Themas Grundwasser bestätigen. Mit einem auf gemäßigten konstruktivistischen Prinzipien beruhenden Vorgehen, das auf der Bildung bzw. Verbesserung von inneren mentalen Modellen¹ über Grundwasser beruht, reduzierten Lernende ihre Fehlvorstellungen² signifikant häufiger als Studierende, die frontal unterrichtet wurden.

Die konstruktivistische Lerntheorie besagt, dass Lernende ihr Wissen und ihr Verstehen selber konstruieren müssen und nicht einfach vom Lehrer gebotenen Stoff absorbieren können. Konstruktivistische Lernumgebungen ermöglichen Lernen in authentischen, komplexen, offenen, wenig strukturierten und geführten Lernsituationen, in denen neben domänenspezifischem Wissen auch Einstellungen, fächerübergreifende und soziale Fähigkeiten gefördert werden sollen. Der von REINFRIED (2006a, 2006d) gewählte Ansatz der mentalen Modellbildung zur Induzierung eines Konzeptwechsels

1 Unter einem mentalen Modell versteht man in der Kognitionspsychologie ein internes (hypothetisches) Quasi-Objekt, das in einer Struktur- oder Funktionsanalogie zum jeweiligen Wissensgegenstand steht und den Gegenstand aufgrund dieser Analogie repräsentiert (SCHNOTZ 2001, S. 77).

2 Der Begriff Fehlvorstellungen wird hier nicht im wertenden Sinn verwendet, sondern beschreibt Vorstellungen, die aus wissenschaftlicher Sicht unhaltbar sind.

beruht auf dem gemäßigten Konstruktivismus und berücksichtigt zusätzlich wissenschaftsgeschichtliche Aspekte. Die Lernenden sollen nicht nur Hypothesen bilden, verifizieren und falsifizieren, sondern auch verstehen, dass wissenschaftliche Erkenntnisse ebenfalls auf Vorstellungen und Deutungen, nämlich jenen von Wissenschaftlern, beruhen, die sich im Laufe der Zeit – häufig durch Paradigmenwechsel – bis zu ihrem heutigen Erkenntnisstand weiterentwickelt haben. Alltagsvorstellungen von Laien beruhen ebenfalls häufig auf Deutungen, auf Verallgemeinerungen, Analogien, Metaphern oder Anthropomorphismen und repräsentieren nicht selten einen vorwissenschaftlichen Erkenntnisstand aus vergangenen Jahrhunderten. Das so konstruierte Weltwissen ist plausibel und hat sich im Alltag bewährt, auch wenn es nicht dem herrschenden Wissensstand entspricht. Gemäß dem modellbildenden Ansatz³ machen sich die Lernenden ihre subjektiven Theorien bewusst und vergleichen diese mit dem geltenden wissenschaftlich korrekten Modell. Sie identifizieren Gemeinsamkeiten zwischen ihren Vorstellungen und dem wissenschaftlichen Modell, benennen aber auch die Unterschiede zwischen ihren mentalen Modellen und dem wissenschaftlichen Modell.

Der modellbildende Ansatz zur Veränderung von Alltagsvorstellungen

³ Eine detaillierte Beschreibung des modellbildenden Ansatzes kann bei REINFRIED (2006a und 2006d) nachgelesen werden.

geht davon aus, dass die Wissenskonstruktion und -rekonstruktion im Klassenzimmer ähnlich wie der historische Erkenntnisprozess durch Paradigmenwechsel verläuft, und zwar in der Art diskontinuierlicher Prozesse. In beiden Fällen ist es notwendig, die eigenen Ideen zu klären, zu revidieren und weiterzuentwickeln, wenn neue Erkenntnisse dazukommen. Lernende müssen hierfür die Fähigkeit erwerben, die Eigenschaften, die ihr mentales Modell mit dem wissenschaftlichen Modell gemeinsam hat bzw. durch die es sich von ihm unterscheidet, zu erkennen. Durch dieses Vorgehen wird der Lerner in die Lage des Forschers versetzt, der eine Auffassung, Deutung oder einen Wissensbestand klären will (TAYLOR u.a. 2003). In einem nächsten Schritt führen die Lernenden Experimente durch und wägen aufgrund ihrer Erfahrungen selbst ab, welche wissenschaftlichen Vorstellungen ihnen plausibel erscheinen und welche nicht. Sie vollziehen ihre Vorstellungsänderung bewusst. Nach LIMON LUQUE (2003, S. 126) erfordert bewusster Konzeptwechsel (intentional conceptual change) drei Voraussetzungen, die beim modellbildenden Ansatz gegeben sind:

- 1. Metakognitive Voraussetzungen:** Das Individuum wird sich bewusst, dass eine Vorstellung verändert werden muss und weiß, was zu verändern ist.
- 2. Volitionale (durch den Willen bestimmte) Voraussetzungen:** Das Individuum betrachtet die Vorstellungsänderung als Herausforderung und

nicht als etwas, das ihm oder ihr von außen aufgezwungen wird.

- 3. Voraussetzungen zur Selbststeuerung:** Das Individuum ist in der Lage, den Konzeptänderungsprozess selbst zu steuern. Sie oder er sollten die Möglichkeit haben, ihren Konzeptwechsel zu planen, zu kontrollieren und zu bewerten.

Dass ein solches Vorgehen Alltagsvorstellungen wirksamer verändert als lehrerzentrierter Frontalunterricht, ist auch ohne Empirie nachvollziehbar. Doch auch konstruktivistisch geprägte Lehr-/Lernauffassungen sind offenbar nicht ohne Probleme. In ihrer jüngsten Studie argumentieren KIRSCHNER u.a. (2006, S. 76ff), dass das Arbeitsgedächtnis, dessen Kapazitäten von Natur aus begrenzt sind, bei konstruktivistischen Verfahren aufgrund der Fülle an zu bewältigenden, komplexen Informationen und der Suche nach Problemlösungen überfordert wird. Um Informationen überhaupt verarbeiten zu können, muss sich der Lerner ein mentales Modell konstruieren, unabhängig davon, ob ihm die vollständigen oder nur Teilinformationen geboten werden. Vollständige Informationen resultieren in einem exakteren mentalen Modell, das zudem mit geringerem Aufwand erworben wird. KIRSCHNER UND KOLLEGEN plädieren daher für einen strukturierten, geleiteten Unterricht, der bei der Organisation von Wissen und dem Erwerb von kognitiven Schemata (oder mentalen Modellen) hilft, so dass der Lerner Informationen sinnvoll und effizient interpretieren und die Pro-

blemstruktur erkennen kann. Sie begründen dies damit, dass eine Wissenschaft nicht nur aus Methoden und Prozessen besteht, die es in offenen Lernarrangements zu entdecken gilt, sondern auch auf Begriffen, Fakten, Gesetzen, Prinzipien und Theorien beruht, deren Inhalte und Bedeutungen den Lernenden zu vermitteln und zu erklären sind, wenn man will, dass sie darüber verfügen.

Obwohl der modellbildende Ansatz im Vergleich zu anderen konstruktivistischen Verfahren wie z. B. dem entdeckendem Lernen nach Bruner (vgl. REINFRIED 2006c) bereits recht klar strukturiert ist, hat die Autorin sich die Frage gestellt, ob ein eher kognitivistisch ausgerichteter Unterricht, der stärker leitende Formen des Lernens enthält, Fehlvorstellungen von Lernenden über Grundwasser im gleichen Maße oder sogar ausgeprägter reduziert als der modellbildende Ansatz.

2. Forschungsmethoden und Versuchsanordnung

Diese Forschungsfrage wurden mehrperspektivisch mittels methodischer Triangulation in einem quasi-experimentellen Untersuchungsdesign angegangen, indem quantitative (beschreibende Statistik und multivariate Statistik nach dem Allgemeinen Linearen Modell) und qualitative Methoden (qualitative Datenanalyse) kombiniert wurden. Zwei Klassen des 8. Schuljahres (n=42) eines Zürcher Gymnasiums wurden zum Thema Grundwasser in je einer Doppelstunde unterrichtet. Von Anfang an war klar, dass

eine größere Stichprobe von Vorteil gewesen wäre; die knappen zur Verfügung stehenden Ressourcen erlaubten jedoch kein größeres Projekt. Das Thema „Wie kommt Grundwasser in der Natur vor?“ war zuvor in beiden Klassen noch nicht durchgenommen worden. In einem Vortest wurden bestehende Vorstellungen über Grundwasser erhoben. Ein genau gleicher Nachtest (Posttest 1) wurde direkt im Anschluss an den Unterricht durchgeführt. Die Behaltensleistung wurde in einem identischen Nachtest (Posttest 2) vier Wochen nach dem Unterricht festgestellt (Tab. 1). Um sicherzustellen, dass die Lehrkraft alle Methoden, die theoriegeleitet angewendet werden sollten, auch beherrscht, hat die Autorin den Unterricht selbst durchgeführt. Der

Unterricht wurde auf Video aufgezeichnet, um zu überprüfen, ob sich die Lehrperson in beiden Klassen gleich verhalten hat.

Die Zuteilung der Klassen zu den Lernumgebungen erfolgte zufällig. In beiden Klassen war der Unterrichtseinstieg gleich (vgl. Tab. 2). Eine Klasse wurde gemäß dem modellbildenden Ansatz unterrichtet (Klasse mit wenig strukturierter Lernumgebung KWSL). Die andere Klasse wurde mittels einer Lernaufgabe geschult (Klasse mit hochstrukturierter Lernumgebung KHSL). Lernaufgaben (Abb. 1) sind Ansätze des gelenkten entdeckenden Lernens. Es sind keine Anwendungs- oder Übungsaufgaben, sondern Aufgaben, die so aufgebaut sind, dass die Lernenden eine oder mehrere neue Erkenntnisse

Tab. 1: Die Versuchsanordnung

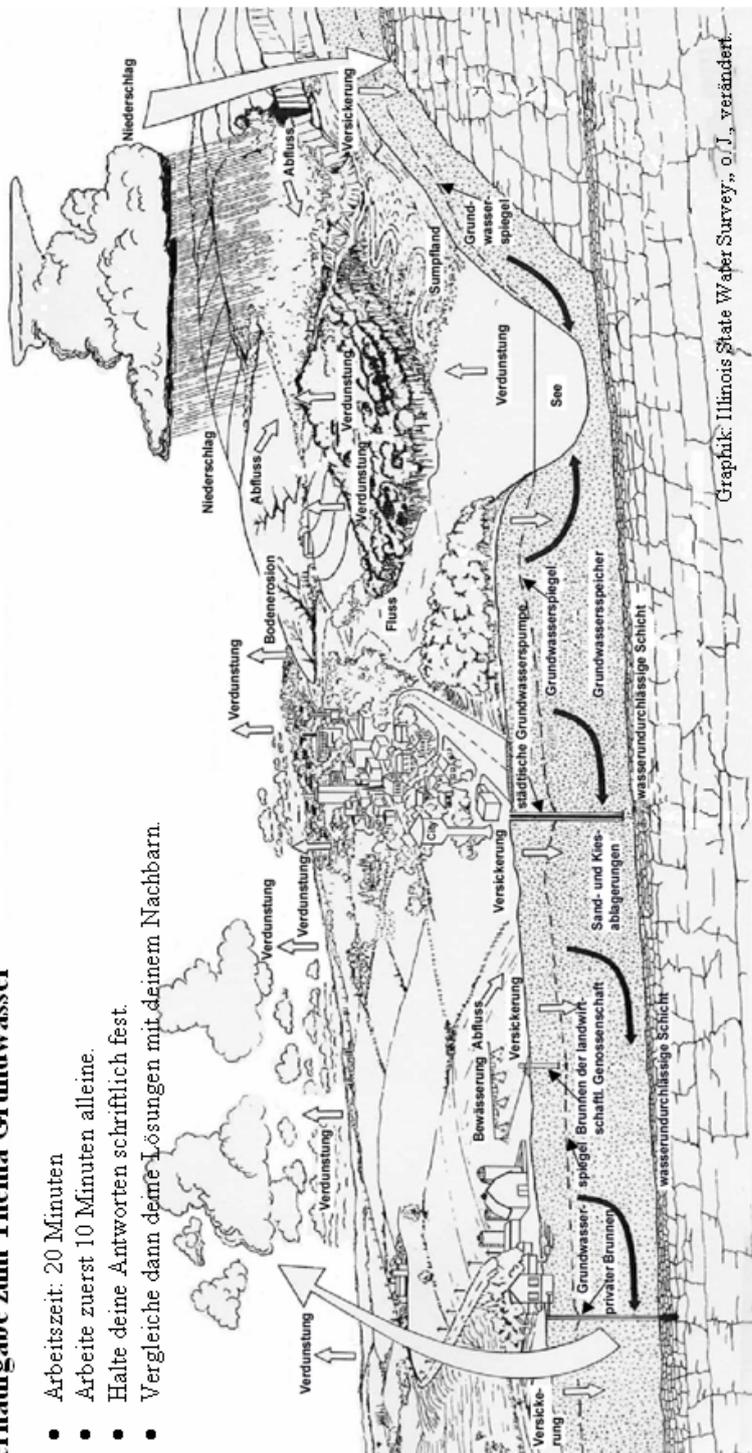
Probanden	Ausgangszustand	Treatment (90 Minuten)	Direkt nach dem Treatment	4 Wochen nach dem Treatment
KWSL	Vortest	Unterricht mit wenig strukturierter Lernumgebung	Posttest 1	Posttest 2
KHSL		Unterricht mit hoch strukturierter Lernumgebung		

Tab. 2: Die Unterrichtsarrangements in den beiden Klassen.

KWSL Unterricht mit wenig strukturierter Lernumgebung Dauer: 90 Minuten	KHSL Unterricht mit hoch strukturierter Lernumgebung Dauer: 90 Minuten
Advance Organizer	Advance Organizer
Informierender Unterrichtseinstieg	Informierender Unterrichtseinstieg
Schüler/Schülerinnen zeichnen ihre mentalen Modelle über Grundwasser und gruppieren sie in der Klasse zu Kategorien	Test mit richtigen und falschen Aussagen (vgl. Abb. 2)
Schüler/Schülerinnen arbeiten mit einem Grundwassermodell	Schüler/Schülerinnen bearbeiten eine Lernaufgabe (Abb. 1); anschließend Präsentation einiger Lösungen, die in der ganzen Klasse diskutiert werden.
Schüler/Schülerinnen arbeiten mit Experimenten	Schüler/Schülerinnen schreiben eine Phantasiegeschichte „Ein Wassertropfen erzählt: Meine Reise durch den Untergrund“
Schüler/Schülerinnen erläutern und vertreten ihre Ergebnisse im Plenum	Test mit richtigen und falschen Aussagen (Abb. 2); Selbstevaluation; Lernzuwachs wird sichtbar.

Lernaufgabe zum Thema Grundwasser

- Arbeitszeit: 20 Minuten
- Arbeite zuerst 10 Minuten alleine.
- Halte deine Antworten schriftlich fest.
- Vergleiche dann deine Lösungen mit deinem Nachbarn.



1. Beschreibe den Querschnitt. Achte vor allem auf den Untergrund. Beachte die Art der Gesteine und die Lagerung der Schichten, in denen Grundwasser gespeichert ist.
2. Was passiert, wenn es sehr viel regnet, was passiert bei langer Trockenheit?
3. Welcher der drei Brunnen (auch der Schacht mit der Grundwasserpumpe ist ein Brunnen) liefert wohl das ganze Jahr über Wasser und warum?
4. Was passiert, wenn man das ganze Jahr über mehr Wasser aus dem Brunnen herauspumpt, als durch Niederschlag nachgeliefert werden kann?
5. Was passiert, wenn durch einen Unfall Öl oder Giftstoffe in den Boden, in die verschiedenen Brunnen oder in den Fluss / See gelangen? Beantworte jede der drei Möglichkeiten separat.

Abb. 1 : Die Lernaufgabe

gewinnen (REINFRIED u. a., 1997 im Druck). Das neu erworbene Wissen wurde anschließend in einer selbst zu verfassenden Geschichte, die die

neu gelernten Begriffe und Prozesse enthalten sollte, angewandt. Vor der Lernaufgabe und am Ende der Doppelstunde bearbeiteten die Schüler

einen Test (Abb. 2), der darin bestand, Aussagen zum Grundwasser als richtig oder falsch zu bewerten. Nach welchen Überlegungen wurde das kognitivistische Lehr-/Lernarrangement zusammengestellt? In Anlehnung an die Phasen der

direkten Instruktion (WELLENREUTHER 2004, S. 331) wurden Strategien und Verfahren gewählt, deren Wirksamkeit empirisch überprüft ist und deren Effektstärken größer sind als jene des fragend-entwickelnden Unterrichts. Der Advance Organi-

Teste dein Wissen über Grundwasser

Beantworte die Fragen mit ja oder nein (Kreuz eintragen). Drehe dann das Blatt um und lege es weg. Am Schluss der Lektion machst Du den Test nochmals. Jede richtige Lösung ergibt einen Punkt.

	zu Beginn der Stunde		am Schluss der Stunde		richtige Lösungen	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein
1. Grundwasser ist zum größten Teil versickertes Niederschlagswasser.	<input type="checkbox"/>					
2. Grundwasser kommt hauptsächlich in unterirdischen Höhlen vor.	<input type="checkbox"/>					
3. Grundwasser kommt hauptsächlich in unterirdischen Kanälen vor.	<input type="checkbox"/>					
4. Grundwasser kommt am häufigsten in kleinen Öffnungen (Poren) in Sand und Kies oder Gestein vor.	<input type="checkbox"/>					
5. Die Oberfläche des unterirdischen Bereichs, der vollständig mit Wasser gesättigt ist, nennt man Grundwasserspiegel.	<input type="checkbox"/>					
6. Grundwasser steht nicht still, sondern fließt.	<input type="checkbox"/>					
7. Der Grundwasserspiegel ist flach wie ein Spiegel.	<input type="checkbox"/>					
8. Die Oberflächen von Seen oder Flüssen sind mit dem Grundwasserspiegel verbunden.	<input type="checkbox"/>					
9. Verschmutzungen der Böden gelangen in der Regel nicht ins Grundwasser, sondern haften in Bodenteilchen.	<input type="checkbox"/>					
10. Verschmutzungen in Flüssen und See gelangen auch ins Grundwasser.	<input type="checkbox"/>					
Punktzahl (gib Dir für jede richtige Antwort einen Punkt)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	+	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	= <input type="checkbox"/>

Entwurf: S. Reinfried, 2006

Abb. 2: Test zur Selbstevaluation und Beurteilung des Lernfortschritts

zer (AUSUBEL u.a. 1980/1981, S. 47) bezeichnet eine bestimmte Technik, zu Beginn der Stunde den nachfolgenden Stoff allgemein verständlich zu machen. Der Informierende Unterrichtseinstieg beruht darauf, die Ziele der Stunde (am besten schriftlich an der Wandtafel) möglichst anschaulich bekannt zu geben (vgl. REINFRIED 2006c). Der nachfolgende Test, der aus Aussagen besteht, die als richtig oder falsch zu klassifizieren sind, dient dazu, dass sich die Lernenden auf den kommenden Lernstoff einstellen. Alle drei genannten Verfahren haben mittlere Effektstärken, d.h. die Schüler lernen mehr als bei anderen Einstiegs-szenarien (WALBERG 1988). Die daran anschließende Lernaufgabe ist so konstruiert, dass 80% der Lernenden die Lösung erreichen können (REINFRIED 2006c). Dieses sogenannte Mastery Prinzip, das den Zweck hat, den Lernenden Erfolg beim Lernen zu ermöglichen, motiviert. Für den nächsten Lernschritt wurde das Vorgehen „Erinnern auf Hinweisreiz“ (engl. cued recall) gewählt. Dieses verfolgt das Ziel, den neuen Stoff zu speichern und wieder abzurufen. Die Lernenden verfassen mittels Stichworten, die an die betreffenden Inhalte erinnern, eine Geschichte. Das Mastery Prinzip und das Abrufen und Anwenden des Gelernten haben eine hohe Effektstärke, die durch die hohe aktive Lernzeit, in der sich die Schüler mit dem Stoff beschäftigen, noch verstärkt wird (FRASER/WALBERG/WELCH/HATTIE 1987, 207; BECK/HEID 1996; WELLENREUTHER 2004, S. 119ff). Die Kompetenzerfahrung, die schon durch die

Lernaufgabe gemacht wurde, wird durch den Abschlusstest nochmals verstärkt. Der Abschlusstest ist der gleiche Test wie der zu Beginn der Stunde. Die Schüler kreuzen die darin enthaltenen Items nochmals an (ohne ihre ersten Wertungen zu verändern) und erhalten dann die richtigen Lösungen von der Lehrkraft. Sie werden sich bewusst, wie viel sie dazugelernt haben. Mit dem Test sollten auch metakognitive Fähigkeiten, hier die Fähigkeit zur Selbstevaluation, gefördert werden. In der KHSL sollte also der Konzeptwechsel durch eine Strategie eingeleitet werden, bei der es in erster Linie um den schrittweisen Aufbau und die Entwicklung eines Konzeptes über Grundwasser und dessen Vorkommen in der Erdkruste geht. Der hier gewählte kontinuierliche Lernweg besteht darin, dass die Lernenden Schritt für Schritt zum wissenschaftlichen Wissen geführt werden. In der KWSL sollte der Konzeptwechsel durch einen kognitiven Konflikt und dessen Lösung bewirkt werden. Der kognitive Konflikt wird dadurch erzeugt, dass verschiedene Sichtweisen von Grundwasservorkommen, nämlich die der Lernenden und die der Wissenschaftler, gegenübergestellt werden (NUSSBAUM/NOVICK 1982, STRIKE/POSNER 1992). Dieses Vorgehen wird auch als diskontinuierlicher Lernweg bezeichnet (DUIT 2004).

3. Stichprobe, Messinstrument und Datenanalyse

Die beiden in die Untersuchung einbezogenen Klassen unterschieden sich nur unwesentlich hinsichtlich

Alter, Jahre der Schulung durch Geographieunterricht, Anzahl Wochenstunden in den letzten drei Jahren und der Geographienoten im letzten Zeugnis (Tab. 3). Sie wurden deshalb für einigermaßen vergleichbar angesehen. Vom Geographielehrer, von dem auch die Zeugnisnoten der Klassen stammen, wurden die beiden Klassen als gleich hoch motiviert und leistungsfähig beschrieben.

gebenen Blockbilder befanden sich auf einem gesonderten Blatt, das nicht zusammen mit dem 1. Teil des Fragebogens abgegeben wurde. Die Schüler konnten es sich holen, nachdem sie die beiden Fragen beantwortet hatten. Mit diesem Vorgehen sollte vermieden werden, dass die Schüler beim Zeichnen ihrer Vorstellungen von den Blockbildern beeinflusst werden. Die beiden Fragen im ersten Teil

Tab. 3: Deskriptive Statistik der Stichprobe (m= Mittelwert)

Probanden	Alter (m)	Geschl.	Jahre Geogr. (m)	Wochenstunden (m)	Note Geographie (m)	Herkunft des Wissens			
						Bücher %	Eltern %	TV %	Schule %
KWSL (n=19)	14.4	9ml 10wl	2.95	2.5	4.57	31.6	42.1	10.5	31.6
KHSL (n=23)	14.2	9ml 14wl	2.87	2.5	4.48	34.8	43.5	21.8	43.5
		ml= männlich wl= weiblich	Anzahl Jahre/Stunden Geographieunterricht bis zur Erhebung		6= beste Note; 1= schlechteste Note	Mehrfachantworten waren möglich			

Allen Schülerinnen und Schülern wurde ein Fragebogen, der schon in mehreren Studien eingesetzt wurde (REINFRIED 2005, 2006a), vorgelegt. Er enthielt im 1. Teil eine Frage zur schriftlichen und eine zur zeichnerischen Beantwortung und auf einer separaten Seite, dem 2. Teil des Fragebogens, vier Blockbilder⁴, die Grundwasservorkommen in der Natur zeigen. Die Lernenden sollten ankreuzen, welches Blockbild ihrer Meinung nach realen Verhältnissen entspricht. Es waren mehrere Lösungen möglich. Die vier vorge-

4 Die Blockbilder sind in GuiD 33. Jg., H. 3, S. 137 abgedruckt. Es handelt sich um je eine Skizze mit Grundwasservorkommen in einem unterirdischen See, in Höhlen, in Adern und in porösen und permeablen Sedimentgesteinen.

des Fragebogens lauteten:

1. Was stellst du dir unter dem Begriff Grundwasser vor? Schreibe deine Vorstellungen auf.
2. Wie kommt Grundwasser in der Natur vor? Beschreibe deine Vorstellungen und fertige eine Skizze dazu an (Skizze beschriften).

Zeichnungen wurden bereits in früheren Studien verwendet, um Alltagsvorstellungen von Lernenden zu erforschen (DOVE 1999, LILLO 1994, SAMARAPUNGAVAN/VOSNIADOU/BREWSTER 1996). Besonders PAIVOS Theorie der dualen Kodierung (1990), die davon ausgeht, dass Informationen im Gehirn sowohl visuell als auch verbal verarbeitet werden und repräsentiert sind, liefert die theoretische Basis dafür, dass mit bild-

haften Repräsentationen Einblick in den Verständnisgrad von Lernenden gewonnen werden kann.

Da es sich bei Frage 1 um eine offene Frage handelt, sollte verhindert werden, dass ausführliche Antworten stärker gewichtet werden als minimalistisch formulierte. Deshalb wurde nur ausgewertet, ob die Aussagen richtig, überwiegend richtig, mehrheitlich falsch oder falsch sind. Die Antworten wurden anschließend noch weiter zu nur zwei Kate-

ausprägung beschrieben. Mit dem Verfahren konnte eine Vielzahl von Schülervorstellungen aus dem Inhalt der Zeichnungen ermittelt und quantifiziert ausgewertet werden. In den Schülerzeichnungen wurden durch fortlaufende Analyse insgesamt 33 verschiedene Schülervorstellungen identifiziert und als Kategorien definiert. Wenn eine neue Kategorie geschaffen werden musste, wurden sämtliche Zeichnungen erneut analysiert. Dadurch wurden

Tab. 4: Im Vortest häufig gezeichneten Fehlvorstellungen (Rangierung in abnehmender Häufigkeit).

Rang	Merkmalsausprägung der Bildelemente
1.	Grundwasser hat kein Gefälle, stagniert.
2.	Grundwasser befindet sich in einem Kanal / Hohlraum unter Gesteinschichten.
3.	Die tieferen Schichten (unter Boden) sind als Humus oder Erde bezeichnet (nicht als Kies, Sand oder Gestein).
4.	Die äußere Erdkruste ist strukturlos, Materie-frei, ein leerer Raum.
5.	Auf der Oberfläche wachsen Bäume, deren Wurzeln bis ins Grundwasser reichen.
6.	Grundwasser steht über breite Spalten im Untergrund in Verbindung mit der Erdoberfläche.
7.	Niederschlag versickert in den obersten Boden- und Gesteinsschichten, erreicht Grundwasser aber nicht.
8.	Grundwasser befindet sich in aderartigen Schläuchen unter dem Boden.
9.	Oberflächengewässer und Grundwasser stehen nicht in Beziehung zueinander (sind isolierte Systeme).
10.	Grundwasser befindet sich als Wasserschicht am Grund eines Sees / Gewässers.

gorien, nämlich richtig oder falsch, reduziert.

Die Zeichnungen zur zweiten Fragebogenfrage wurden in ihre einzelnen Elemente zerlegt. Diese Bildelemente wurden in ihrer Merkmals-

ausprägung mehrfach durchgesehen. Von den 33 gefundenen Kategorien stehen 21 für korrekte wissenschaftliche Konzepte, 12 für falsche Konzepte. Als richtiges Konzept wurde beispielsweise klassifi-

ziert, wenn der Aufbau der äußeren Erdkruste schichtförmig gezeichnet war (V 6). Als falsch klassifiziert wurde dagegen, wenn die äußere Erdkruste strukturlos, materiefrei, wie ein leerer Raum dargestellt war (V 5). In Tabelle 4 sind die am häufigsten gezeichneten Fehlvorstellungen aufgelistet. Das Vorgehen zur Datengewinnung aus Frage 1 und 2 wurde von zwei unabhängigen Personen durchgeführt. Die Beurteilerübereinstimmung betrug jeweils über 90%. Dieses Peer Review-Verfahren und die methodische Triangulation dienten dazu, die interne Validität der Studie zu erhöhen.

Die richtigen Antworten auf Frage 1, die Nennungen der Blockbilder, ihre Häufigkeitsverteilung und die Kategorien der Schülervorstellungen wurden quantitativ mit den Programmen Excel und SPSS (Vers. 12) ausgewertet.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Allgemeiner Vergleich der Klassenergebnisse in Posttest

1 und 2

Die in Tabelle 5 angegebenen Mittelwerte wurden für Frage 1 aus den richtigen Antworten auf die Frage berechnet (vgl. Kap. 3) und für die Blockbilder aus den richtig angekreuzten Darstellungen. Als richtige Blockbilder wurde das Grundwasservorkommen in Höhlen und in porösen Sedimenten zugelassen. Für die Mittelwertberechnung der in den Skizzen gezeichneten Konzepte wurden alle gezeichneten Elemente berücksichtigt.

Die KWSL zeigt bei Frage 1 (Beschreibung von Grundwasser) im Posttest 1 (Pt1) und Posttest 2 (Pt2) höhere Mittelwerte als die KHSL. Die KHSL schneidet dagegen bei den Blockbildern und bei den Zeichnungen im Allgemeinen besser ab. Sie hat nach dem Treatment (Pt1) mehr richtige Blockbilder angekreuzt und mehr Vorstellungen in ihren Skizzen gezeichnet.

Ein multivariater Test, der die Effekte der Ergebnisse des Vortests für Frage 1, für die Blockbilder und

Tab. 5: Ergebnisse der Befragung (Pt1=Posttest 1, Pt2=Posttest 2, Block=Blockbilder; m=Mittelwert, s=Standardabweichung).

Fragebogenitems	Klasse	n	m	s
Frage1 Pt1	KWSL	19	0.79	0.42
	KHSL	23	0.26	0.45
Frage1 Pt2	KWSL	19	0.58	0.51
	KHSL	23	0.17	0.39
Block Pt1	KWSL	19	1.53	0.51
	KHSL	23	1.61	0.50
Block Pt2	KWSL	19	1.58	0.51
	KHSL	23	1.43	0.57
Konzepte in Zeichnungen Pt1	KWSL	19	6.74	2.30
	KHSL	23	8.13	2.62
Konzepte in Zeichnungen Pt2	KWSL	19	6.63	1.42
	KHSL	23	8.43	2.09

die Schülerzeichnungen sowie den Effekt der Klassenzugehörigkeit gegen die Ergebnisse der Posttests 1 und 2 bei Frage 1, die Ergebnisse aus der Blockbildzustimmung und die Ergebnisse aus den Schülerzeichnungen berechnete, ergab einen signifikanten Zusammenhang der Klassenzugehörigkeit auf die abhängige Variable Frage 1 im Posttest 1 und 2 sowie die gezeichneten Konzepte im Pt2 (Tab. 6). Der Klasseneinfluss auf die Zeichnungen ist signifikant ($p < 0.05$) und auf Frage 1 hochsignifikant ($p < 0.005$). Da diese Aussage keine Rückschlüsse auf den Erklärungsbeitrag jeder einzelnen Variablen zulässt, wurde versucht, den Einfluss der Klassenzugehörigkeit mit Hilfe eines T-Tests (vgl. Kap. 4.2) zu bestimmen.

4.2 Zeichnungen

Der Lernzuwachs, der in der Zunahme der korrekten Konzepte in den Schülervorstellungen über

Grundwasser gesehen wird, wurde mittels der Zeichnungen bestimmt. Die Güte der Zeichnungen wurde anhand der 21 wissenschaftlich korrekten Elemente, die in den Skizzen gezeichnet worden waren, ermittelt. Um Klassenunterschiede zu finden, wurden die Mittelwerte der beiden Klassen verglichen.

Der Mittelwert für alle Probanden ($n = 42$) erreicht im Vortest den Wert 2.93 und im Posttest 1 den Wert 5.55 (Standardabweichung = 2.79). Der Unterschied zwischen beiden Mittelwerten beträgt ungefähr eine Standardabweichung (Tab. 7). Der aus der Mittelwertsdifferenz berechnete t-Wert beträgt -4.842 (bei $df = 41$) mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.000 (Sig. 2-seitig). Der durchschnittliche Lernzuwachs der gesamten Stichprobe ist somit hochsignifikant.

Untersucht man hingegen die beiden Klassen getrennt (Tab. 8), dann ist der Lernzuwachs in beiden Klas-

Tab. 6: Test der Zwischensubjekteffekte nach dem Allgemeinen Linearen Modell

Unabhängige Variable	Abhängige Variablen	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta ²
Klasse	Frage 1 Pt1	2.262	1	2.662	12.7064	.001	.292
	Frage 1 Pt2	2.069	1	2.069	9.653	.004	.237
	Konzept Pt2	21.347	1	21.347	6.002	.020	.162

Tab. 7: Bestimmung des Lernzuwachses über die Güte der Zeichnungen durch Mittelwertberechnungen der gezeichneten fachwissenschaftlich korrekten Elemente (Vt

Güte der Zeichnungen	n	m	s	Standardfehler des Mittelwerts
Vt	42	2.93	2.86	.441
Pt1	42	5.55	2.79	.430

sen signifikant (in der KWSL hoch signifikant mit $p < 0.000$, Lernzuwachs um mehr als 1.5 Standardabweichungen; in der KHSL signifikant mit $p < 0.05$, Lernzuwachs um 0.75 Standardabweichungen). In der KWSL ist die Korrelation (.601) zwischen dem Vortest und dem Posttest signifikant ($p < 0.05$). Schüler mit hoher Gesamtpunktzahl im Vortest haben also auch eine hohe Punktzahl im Nachtest erreicht. Für die KHSL kann dieser Zusammenhang nicht nachgewiesen werden.

Der Vergleich der Mittelwerte der beiden Klassen (T-Test bei unabhängigen Stichproben) ergibt kein signifikantes Testergebnis (Tab. 9). Man kann also nicht sagen, dass der Lernzuwachs einer Klasse größer ist als jener der anderen Klasse.

Die Abnahme der relativen Fehlvorstellungshäufigkeit (= Fehlvorstellungswahrscheinlichkeit in Bezug auf die Zeichnungen) ist in der untersuchten Gesamtpopulation

zwischen Vt und Pt1 signifikant ($T(42) = 5.191, df = 41, p < 0.000$). In beiden Klassen haben die Fehlkonzepte deutlich abgenommen (Tab. 10). Um herauszufinden, welche Lernumgebung die Fehlvorstellungen stärker reduziert hat, wurde die relative Fehlvorstellungshäufigkeit beider Klassen verglichen. Die Abnahmen (in der KWSL ist die Abnahme direkt nach dem Unterricht ausgeprägter) im Umfang von einer bis 1.5 Standardabweichungen sind deutlich, der Unterschied zwischen den beiden Klassen ist jedoch nicht signifikant.

Betrachtet man die häufigsten Fehlkonzepte (Tab. 11), so stellt man fest, dass diese sehr unterschiedlich durch den Unterricht beeinflusst wurden. Einige wurden stark reduziert (V13), andere wurden neu geschaffen (V11), wieder andere wurden nicht verändert (V25). Mit dem χ^2 -Test wurde überprüft, ob die Häufigkeitsverteilung der beiden

Tab. 8: Lernzuwachs in Abhängigkeit von der Klassenzugehörigkeit und T-Tests zur Lernzuwachsbestimmung nach Klassen getrennt

Klassen	Güte der Zeichnungen	n	m	s	Standardfehler des Mittelwerts	T-Test (bei gepaarten Stichproben)				
						Lernzuwachs	Klassen	T	df	Sig. (2-seitig)
KWSL	Vt	19	2.11	1.73	.397	Differenz der Güte der Zeichn. Pt1-Vt	KWSL	-5.873	18	.000
	Pt1	19	4.89	2.59	.592					
KHSL	Vt	23	3.61	3.42	.713		KHSL	-2.702	22	.013
	PT1	23	6.09	2.89	.603					

Tab. 9: Vergleich der Lernzuwächse der beiden Klasse auf einen signifikante Unterschied

Lernzuwachs	Klasse	n	m	s	Standardfehler des Mittelwerts	T-Test (Varianzen nicht gleich)		
						T	df	Sig. (2- seitig)
Differenz der Güte der Zeichnungen Pt1-Vt	KWSL	19	2.79	2.07	.475	.301	32.522	.311
	KHSL	23	2.48	4.40	.917			

Tab. 10: Veränderungen der relativen Fehlvorstellungshäufigkeiten nach

Abnahme der Fehlkonzepte	Klasse	n	m	s
Rel. Fehlvorstellungshäufigkeit Vt	KWSL	19	.37	.11
	KHSL	23	.32	.18
Rel. Fehlvorstellungshäufigkeit Pt1	KWSL	19	.22	.12
	KHSL	23	.21	.10
Rel. Fehlvorstellungshäufigkeit Pt2	KWSL	19	.22	.12
	KHSL	23	.19	.10

Tab. 11: Veränderungen ausgewählter Fehlvorstellungen nach Klassen

Gezeichnete Fehlvorstellung	Klasse	VT (%)	PT1 (%)	PT2 (%)
V3: Wurzeln reichen bis ins GW	KWSL	10.5	0.0	0.0
	KHSL	30.4	8.7	13.0
V5: äußere Erdkruste ist strukturlos	KWSL	36.8	10.5	21.1
	KHSL	13.0	13.0	47.8
V7: tiefere Schichten unter dem Boden werden als Humus oder Erde bezeichnet	KWSL	26.3	5.3	26.3
	KHSL	43.5	13.0	34.8
V11: Grundwasser wird über einem Stauhorizont bis zur Erdoberfläche gestaut	KWSL	0.0	36.8	47.4
	KHSL	0.0	30.4	13.0
V13: Grundwasser fließt in einem Kanal	KWSL	73.7	10.5	15.8
	KHSL	78.3	39.1	43.5
V25: Grundwasser hat kein Gefälle	KWSL	73.7	94.7	94.7
	KHSL	82.6	82.6	82.6

Klassen im Posttest 1 voneinander abweichen. Dies trifft auf V13 zu (siehe Tab. 11). Die Veränderung dieser Vorstellung ist von großer Bedeutung für das wissenschaftliche Verständnis von Grundwasservor-

kommen, seine Speicherung, sein Fließverhalten, seine Erneuerung, Verschmutzung usw. Trotzdem soll das Resultat hier nicht überinterpretiert werden, da der Stichprobenumfang in der Versuchsklasse

nur 19 Schüler statt der für einen χ^2 -Test geforderten Mindestzahl von 20 umfasst.

Im Folgenden werden die Häufigkeitsangaben zu den sechs Fehlvorstellungen kurz interpretiert:

- Zu V3: Wurzeln, die bis ins Grundwasser reichen, kommen nur in bestimmten Klimazonen vor. Bei uns in den gemäßigten Breiten ist dieses Phänomen auf bestimmte Ökosysteme begrenzt. Die Vorstellung wurde durch das Treatment in der KWSL so weit reduziert, dass sie nicht mehr geäußert wurde.
- Zu V5: In der KWSL konkretisiert sich die Vorstellung, dass die äußere Erdkruste nicht strukturlos ist. In der KHSL nimmt die Fehlvorstellung zwischen Pt1 und Pt2 um das 3.5-fache zu.
- Zu V7: Die Vorstellung über die Materialeigenschaften dessen, was sich unter der Erdoberfläche befindet, konkretisiert sich in beiden Klassen durch den Unterricht; sie wird aber im Pt2 wieder ungenauer.
- Zu V11: Eine neue Fehlvorstellung wurde in der KWSL bei ca. der Hälfte der Schüler geschaffen. Da das im Unterricht verwendete Grundwassermodell so mit Lockersedimenten gefüllt war, dass über einem wasserstauenden Horizont eine von unten bis oben durchlässige Sedimentabfolge mit Schichten unterschiedlicher Korngröße entstand, gewannen die Schülerinnen und Schüler der Eindruck, Grundwasser wird generell über einem Grundwas-

serstauer bis zur Erdoberfläche gestaut. Das Beispiel zeigt, dass auch der Charakter von Modellexperimenten richtig verstanden werden muss.

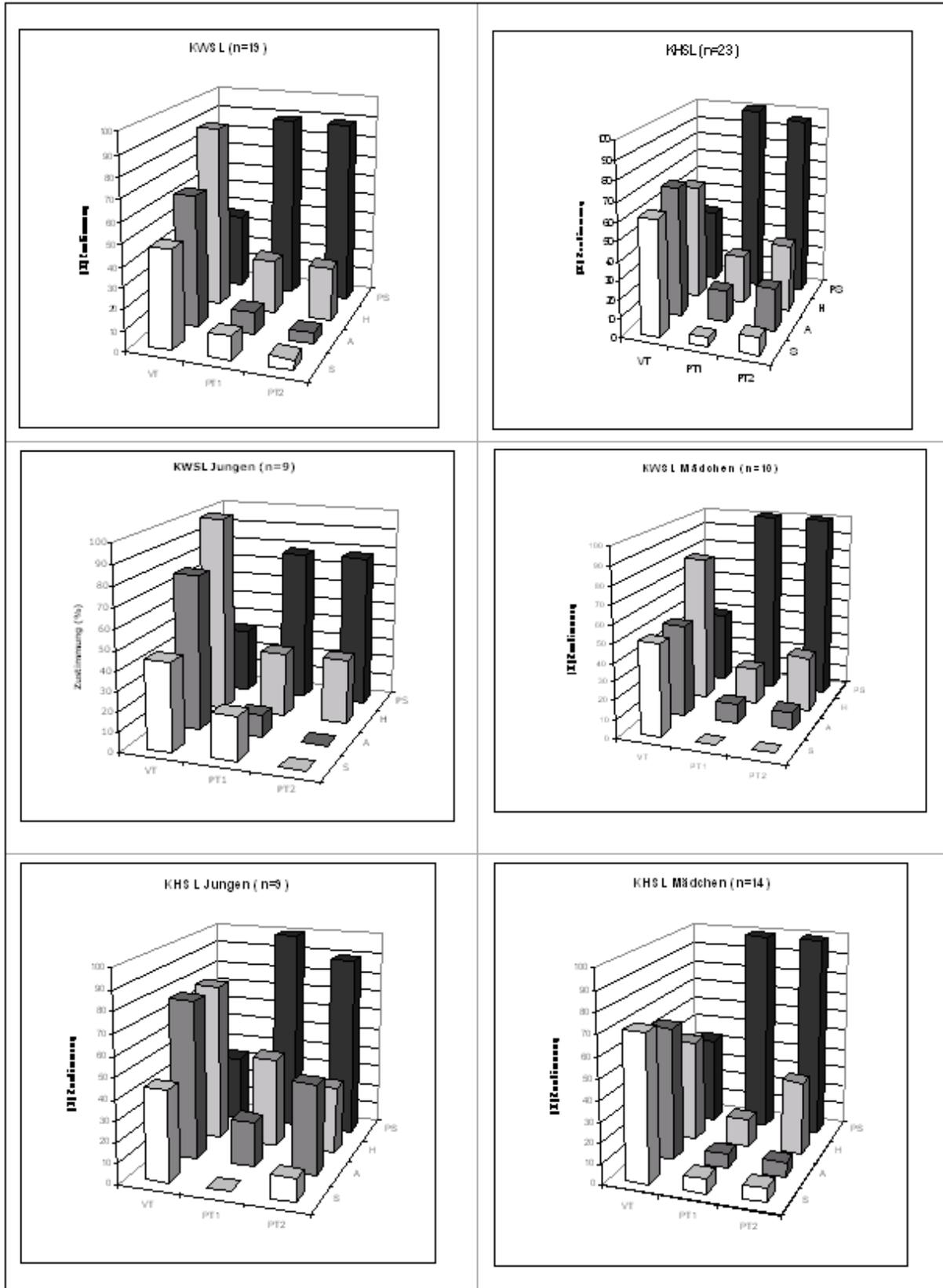
- Zu V13: Die Vorstellung, dass Grundwasser in einem unterirdischen Kanal fließt, konnte in der KWSL besonders deutlich reduziert werden.
- Zu V25: Die Vorstellung, dass Grundwasser stagniert, d.h. sich nicht dynamisch verhält, wurde in beiden Klassen nicht verändert, obwohl der KWSL im Modell gezeigt werden konnte, dass Grundwasser und Oberflächenwasser ein dynamisches System bilden. Die Abbildung in der Lernaufgabe der KHSL zeigt dies ebenfalls, den Schülern wurde der dynamische Charakter des Systems aus der Abbildung jedoch offenbar zu wenig bewusst.

Die KWSL reduzierte die Fehlvorstellungen V3, V5, V13 deutlicher als die KHSL. Der modellbildende Ansatz hat die Vorstellung von Grundwasservorkommen nachweislich stärker berichtigt als dies der Unterricht auf der Basis der direkten Instruktion vermochte.

4.3 Blockbilder

Beide Klassen zeigen eine Abnahme der Fehlvorstellungen (Grundwasser in großen unterirdischen Seen und Adern) und eine Zunahme der korrekten Vorstellung (Grundwasser in porösen Sedimenten) vom Vortest zum Posttest 1 (Abb. 3). Im Posttest 2 nehmen die Fehlvorstellungen bei den Jungen in der KHSL

Abb. 3 Zustimmung zu den Blockbildern nach Klassen und Geschlechtern (Grundwasservorkommen kommt in der äußeren Erdkruste vor als: S = unterirdischer See, A = Wasseradern, H = Höhle, PS = Poröse Sedimente).



wieder leicht zu. Die Vorstellung von Grundwasser in Höhlen ist nicht grundsätzlich falsch und wurde in der Statistik als richtige Vorstellung gewertet. Karstgrundwasser macht jedoch nur einen Bruchteil der weltweiten Grundwasservorkommen aus und darf hinsichtlich seiner Bedeutung nicht überschätzt werden. Die KHSL schneidet im Posttest 1 deutlich besser ab, was sich daran zeigt, dass alle Schüler (100%) im Posttest 1 die porösen Sedimente als Grundwasserleiter angekreuzt haben. Die Mädchen kreuzten in beiden Klassen signifikant häufiger die richtigen Blockbilder an.

4.4 Geschlechtsspezifische Effekte

Der multivariate Test der Zwischensummeneffekte nach dem Allgemeinen Linearen Modell ergab interessante geschlechtsspezifische Effekte. Die Mädchen der KWSL schneiden beim Lernzuwachs in Frage 1 im Posttest 1 signifikant ($p < 0.05$) besser ab als die Jungen. Bei den Blockbildern sind die Mädchen in der KWSL und der KHSL signifikant ($p < 0.05$) besser. Bei den Schülerzeichnungen sind die geschlechtsspezifischen Unterschiede gering. Auch hier liegen die Mittelwerte der Mädchen durchwegs über jenen der Jungen, auch wenn keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden können. Der Lernzuwachs der Mädchen ist somit im Allgemeinen größer. Bei Frage 1 scheint auch das Treatment einen Einfluss zu haben, da die Mädchen der KWSL besser sind. Die geschlechtsspezifischen Unterschiede

sollen hier jedoch nicht überinterpretiert werden, sondern werden vorläufig darauf zurückgeführt, dass die Mädchen in beiden Klassen in Geographie offenbar generell bessere Leistungen erbringen als die Jungen, was sich in ihren besseren Geographienoten ausdrückt (Durchschnittsnoten in der KWSL = Mädchen: 4.7, Jungen: 4.4; in der KHSL = Mädchen: 4.54, Jungen: 4.4; in der Schweiz ist 6 die beste, 1 die schlechteste Note).

5. Schlussfolgerungen

In beiden Klassen haben die Schülerinnen und Schüler mit beiden Methoden viel gelernt und auch ihre Fehlvorstellungen deutlich reduziert. Der größte Lernzuwachs erfolgte zwischen dem Vortest und dem Posttest 1. Danach stabilisierte sich das Wissen auf demselben Niveau. Beide Unterrichtsansätze haben also einen Lernzuwachs gebracht, der auf ungefähr gleich hohem Niveau stabil geblieben ist. Signifikante Lernzuwächse in Abhängigkeit von der Unterrichtsmethode konnten keine festgestellt werden. Beide Verfahren waren offenbar gleich wirksam – diese Aussage gilt zumindest für die beiden hier untersuchten Klassen. Wegen der geringen Stichprobengröße und wegen der vielen unkontrollierbaren Variablen, kann nicht stichhaltig nachgewiesen werden, dass ein Ansatz dem anderen überlegen ist. Dennoch gibt es interessante Hinweise auf Unterschiede beim Lernen. Die um 18% höheren Werte der KHSL bei der richtigen Benennung der Blockbilder und der leicht höhere

Wert (6%) bei der Anzahl von gezeichneten Konzepten in den Skizzen im Posttest 1 legen die Vermutung nahe, dass der stärker strukturierte Ansatz etwas erfolgreicher war. Ein Grund dafür könnte sein, dass das für diese Klasse gewählte Unterrichtsarrangement zu einer besseren Verständnistiefe, auch vertikale Verarbeitung genannt, geführt hat. Die vertikale Verarbeitung von Inhalten hat für das Verankern von Informationen eine zentrale Bedeutung. Durch sie wird das Wissensgerüst verfeinert. Förderlich hierfür sind eine hierarchische Vorgliederung von Informationen und gut strukturierte, hierarchisch gegliederte Inhalte. Sie erleichtern das Behalten. Dies möglicherweise deshalb, weil Inhalte in unserem Gedächtnis hierarchisch geordnet und vernetzt sind und die Kenntnis des Gliederungsprinzips eine Rekonstruktion der Inhalte erleichtert. In Form gelernter Strukturierungen ermöglichen sie ein systematisches Erinnern (WELLENREUTHER 2004, S. 131ff).

Andererseits ist die Reduktion der Fehlvorstellungshäufigkeit bei der KWSL unmittelbar nach dem Unterricht ausgeprägter als bei der KHSL. Die handlungsorientierte Arbeit mit dem Grundwassermodell und den Experimenten hat die Vorstellung von Grundwasservorkommen deutlich stärker berichtigt als der Unterricht auf der Basis der Lernaufgabe. Dies wirft die Frage auf, ob reale Anschauung und Handlungsorientierung mentale Modelle nachhaltiger verändern. Zur Wirkung realer

Anschauungsmittel und Handlungsorientierung findet man in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse. Die Arbeit mit realen Gegenständen beeinflusst den Lernerfolg jedoch offenbar dadurch entscheidend, dass sie das Interesse auf die Erklärung bzw. den Unterrichtsgegenstand lenkt (MIETZEL 1973, S. 264). Dies könnte auch einen Einfluss auf die KWSL gehabt haben. Entscheidend wäre also nicht das eigentliche Handeln mit dem Modell und den Experimenten, sondern das Wecken des Interesses für die Grundwasserthematik. Da bei der Arbeit mit dem Modell und bei den Experimenten eine breite Palette von Erlebnismodalitäten wie Sehen, Hören, Tasten, eventuell auch Riechen oder Schmecken, das Erleben von Freude und Ärger, das Probieren und reflektierende Tun eine Rolle spielen, findet eine größere horizontale Verarbeitung von Informationen statt. Je breiter die Informationsaufnahme angelegt ist, desto vielfältiger wird die Spur im Gedächtnis und desto leichter kann die Information später aus dem Langzeitgedächtnis wieder rekonstruiert werden (WELLENREUTHER 2004, S. 125f).

Was heißt dies nun für die unterrichtende Lehrkraft? Welche Unterrichtsstrategie soll sie im Hinblick auf den Umgang mit Präkonzepten anwenden? Vorstellungsänderungen können offenbar sowohl durch einen eher nach konstruktivistischen als auch durch einen eher nach kognitivistischen Merkmalen strukturierten Unterricht bewirkt werden – vorausgesetzt die jeweilige Unterrichtsge-

staltung berücksichtigt die Erkenntnisse der Lehr-/Lernforschung. Zu diesem Schluss sind auch andere Autoren gekommen (WODZINSKI 1996). Zentral ist die Erkenntnis, dass Wissen nicht vom Lehrer zum Schüler transferiert werden kann, sondern dass erfolgreicher Konzeptwechsel durch geeignete Unterrichtsstrategien induziert wird. Dies bedingt die Entwicklung einer Lehr-/Lernkultur im Geographieunterricht, die die subjektiven Theorien der Lernenden berücksichtigt und die den Schülerinnen und Schülern über ein grosses Repertoire an kognitiv aktivierenden Aufgaben und ihrem Wissensstand angepassten Lernumgebungen hilft, neue Inhalte aufzunehmen, zu verarbeiten und in ihre Wissensstruktur zu integrieren. Gleichzeitig muss sie aber auch eigenständiges und eigenverantwortliches Lernen nachdrücklich unterstützen und Möglichkeiten zur Förderung fächerübergreifender Kompetenzen einbeziehen. Um diese Unterrichtsansätze in der alltäglichen Praxis zu etablieren, ist die Geographiedidaktik gefordert. Ihr Ziel muss es sein, die Erkenntnisse der pädagogischen Psychologie über Lehren und Lernen in die Fachdidaktik einzubringen und dadurch zur Entwicklung der Lehrervorstellung von gutem Unterricht und einem entsprechenden Unterrichtsverhalten beizutragen.

6. Literatur

- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. (1980/1981): *Psychologie des Unterrichts*. 2 Bde. (2. Aufl.). Beltz, Weinheim.
- BECK, K., HEID, H. (1996): *Lehr-Lern-Prozesse in der kaufmännischen Erstausbildung*. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Beiheft 13. Franz Steiner Verlag, Stuttgart.
- DOVE, J. E. (1999): Exploring a Hydrological Concept Through Children's Drawings. *International Journal of Science Education*, Vol. 21 (5), S. 485-497.
- DUIT, R. (1993): Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* 4(1993), H. 16, S. 16-23.
- DUIT, R. (2004): Schülervorstellungen und Lernen von Physik – Stand der Dinge und Ausblick. In: R. MÜLLER, R. WODZINSKI, M. HOPF (Hrsg.): *Schülervorstellungen in der Physik*. Aulis Verlag Deubner, Köln, S. 267-272.
- FRASER, B. J., WALBERG, H. J., WELCH, W. W., HATTIE, J. A. (1987): Synthesis of educational productivity research. In: *International Journal of Educational Research*, 11, S. 145-252.
- HERON, P. (2003): The recognition of students' preconceptions and their resistance to corrective teaching. In National Research Council (ed.): *Improving Undergraduate Instruction in Science, Technology, Engineering, and Mathematics: Report of a Workshop*. The National Academies Press, Washington D. C., S. 32-37.
- ILLINOIS STATE WATER SURVEY (o. J.): *Hydrologic Cycle*. Poster. Department of Energy and Natural Resources, Champaign.

- KIRSCHNER, P. A., SWELLER, J., CLARK, R. E. (2006): Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), S. 75-86.
- KRAPP, A., WEIDENMANN, B. (2001): *Pädagogische Psychologie*. Beltz, Weinheim.
- LILLO, J. (1994): An Analysis for the Annotated Drawings of the Internal Structure of the Earth Made by Students Aged 10-15 from Primary and Secondary Schools in Spain. *Teaching Earth Sciences*, 19 (3): 83-89.
- LIMON LUQUE, M. (2003): The Role of Domain-Specific Knowledge in Intentional Conceptual Change. In: G. M. SINATRA, P. M. PINTRICH: *Intentional Conceptual Change*. Lawrence Erlbaum, London, S. 133-170.
- MIETZEL, G. (1973): *Pädagogische Psychologie. Einführung für Pädagogen und Psychologen*. Hogrefe, Göttingen.
- NUSSBAUM, J., NOVICK, S. (1982): Alternative frameworks, conceptual conflicts and accommodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional Science* 11, S. 183-200.
- PAIVIO, A. (1990): *Mental Representations: A Dual-Coding Approach*. Second Edition. Oxford University Press, New York.
- REINFRIED, S. (2005): Wie kommt Grundwasser in der Natur vor? – Ein Beitrag zur Praxisforschung über physisch-geographische Alltagsvorstellungen von Studierenden. *Geographie und ihre Didaktik*, 33. Jg., H. 3, S. 133-156.
- REINFRIED, S. (2006a): Conceptual change in physical geography and environmental sciences through mental model building – the example of groundwater. *International Research in Geographical and Environmental Education* Vol. 15, H. 1, S. 41-61.
- REINFRIED, S. (2006b): Interessen, Vorwissen und Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern berücksichtigen. In: H. HAUBRICH (Hrsg.): *Geographie unterrichten lernen – Die neue Didaktik der Geographie konkret*. Oldenbourg Verlag, München, S. 49-75.
- REINFRIED, S. (2006c): Direkte Instruktion und entdeckendes Lernen. In: H. HAUBRICH (Hrsg.): *Geographie unterrichten lernen – Die neue Didaktik der Geographie konkret*. Oldenbourg Verlag, München, S. 120-125.
- REINFRIED, S. (2006d): Alltagsvorstellungen – und wie man sie verändern kann. Das Beispiel Grundwasser. *Geographie heute*, H. 243, S. 38-43.
- REINFRIED, S., RUF, W., MÜLLER, M. (1997, im Druck): Die erneuerbare Wassermenge wächst nicht mit! Eine Lernaufgabe zum Thema Wasserangebot und Bevölkerungswachstum. *Praxis Geographie*, Heft 5, 2007, Westermann Verlag, Braunschweig.
- SAMARAPUNGAVAN, A. S., VOSNIADOU, S., BREWER, W. F. (1996): Mental Models of the Earth, Sun, and Moon: Indian Children's Cosmologies. *Cognitive Development*,

- 11, S. 491-521.
- SCHNOTZ, W. (2001): Conceptual Change. In: H. D. ROST (Hrsg.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Beltz, Weinheim, S. 75-81.
- STRIKE, K. A., POSNER, G. J. (1992): A revisionist theory of conceptual change. In: R. A. DUSCHL, R. J. HAMILTON (Eds.): Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice. State University of New York, New York, S. 147-176.
- TAYLOR, I., BARKER, M., JONES, A (2003): Promoting mental model building in astronomy education. International Journal of Science Education, 25(10), S. 1205-1225.
- WALBERG, H. J. (1988): Productive Teaching and Instruction: Assessing the Knowledge Base. University of Illinois of Chicago, School of Education, paper 18 pp, mimeographed.
- WELLENREUTHER, M. (2004): Lehren und Lernen – aber wie? Grundlagen der Schulpädagogik, Bd. 50. Schneider, Hohengehren.
- WODZINSKI, R. (1996): Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik im Anfangsunterricht. Lit-Verlag, Münster, Kap. 13.-1.4

Dank

Ich danke Herrn Martin Müller, Geographielehrer an der Kantonsschule Hohe Promenade in Zürich, für seine Bereitschaft, zwei Klassen für diese Studie zur Verfügung zu stellen. Herr Müller hat auch bei der Kategorisierung der Daten mitgearbeitet. Dank schulde ich auch meinen Kollegen von der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg: Herr Dr. Stefan Fuß beriet mich bei der statistischen Auswertung der Daten; Herr Stephan Schuler kommentierte das Manuskript mit wertvollen Anregungen.

Diese Studie wurde mit finanziellen Mitteln der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg gefördert.