



Wie kommt Grundwasser in der Natur vor? – Ein Beitrag zur Praxisforschung über physisch-geographische Alltagsvorstellungen von Studierenden

Sibylle Reinfried

Zitieren dieses Artikels:

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(3), S. 133-156. doi 10.60511/zgd.v33i3.247

Quote this article:

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(3), pp 133-156. doi 10.60511/zgd.v33i3.247

Wie kommt Grundwasser in der Natur vor? – Ein Beitrag zur Praxisforschung über physisch-geographische Alltagsvorstellungen von Studierenden

von SIBYLLE REINFRIED (Ludwigsburg/Zürich)

1. Einleitung

Die Untersuchungen von mentalen Modellen in den Naturwissenschaften haben eine weit zurückreichende Tradition (z. B. in den Geowissenschaften: Die Erde in unserem Sonnensystem von VOSNIADOU & BREWER (1992) oder in der Physik über Begriffe der Newtonschen Mechanik von JUNG (1986)). Die Forschung hat gezeigt, dass Schüler Ideen in den Unterricht mitbringen, die nicht mit den von der Wissenschaft akzeptierten Vorstellungen übereinstimmen, die aber durch vorausgehende Erfahrungen, Schulbücher, Erklärungen von Lehrern oder Alltagssprache beeinflusst wurden (WANDERSEE, MINTZES & NOVAK 1994). Der wichtigste Faktor, der das Lernen beeinflusst, ist das, was die Lernenden schon wissen (MINTZES & WANDERSEE 1998, S. 81). Deshalb nehmen sie im Unterricht nur das auf, was ihnen ihre Vorstellung erlaubt. Oftmals geben sie ihre Laienvorstellungen trotz Unterricht nicht oder nur schwer auf, vor allem wenn diese plausibel sind (DELAUGHTER, STEIN, STEIN & BAIN 1998). Das Verständnis von wissenschaftlichen Konzepten kann deshalb nur beeinflusst werden, wenn man die tiefe Verankerung und Beharrlichkeit des Vorwissens von Schülern versteht (CAREY 1986). Die Diagnose von Schülervorstellungen wird daher als ein erster wichtiger Schritt in dem Prozess der Veränderung von Vorstellungen durch Unterricht gesehen.

Nach VON GLASERSFELD (1993) ist Wissen das Ergebnis einer konstruktiven Aktivität und kann nicht einfach auf einen passiven Empfänger übertragen werden. Gemäß dieser Theorie muss alles Wissen individuell und sozial konstruiert und auf dem bereits vorhandenen Wissen und der Erfahrung des Lernenden aufgebaut werden. Deshalb ist es für Lehrerinnen und Lehrer von großer Bedeutung, etwas über die verbreiteten naiven Vorstellungen und die Erfahrungen von Schülern ihrer spezifischen Altersgruppe zu wissen und bei der Planung von Unterricht und Material miteinzubeziehen (AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE 1990).

Im Rahmen eines Seminars über Physische Geographie entdeckte die Autorin, dass die Studierenden eine ganze Reihe naiver Vorstellungen zu physisch-geographischen Themen mitbringen, die offenbar unabhängig

neben den wissenschaftlichen Vorstellungen zu existierten schienen. Daraus entwickelte sich das Projekt, diese Hypothese am Beispiel der Präkonzepte über Grundwasservorkommen in der Natur genauer zu verfolgen.

2. Begründung der Fokussierung auf das Thema Grundwasser

Die Generalversammlung der Vereinten Nationen hat 2003 zum „Internationalen Jahr des Süßwassers“ erklärt (UNITED NATIONS 2001). Mit weltweiten Informationskampagnen soll das Bewusstsein für einen vernünftigen Umgang mit dem kostbaren Element geschärft werden. Heute haben 1,1 Milliarden Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser, und 2,4 Milliarden verfügen nicht über sanitäre Anlagen (ERKLÄRUNG VON BERN 2003). Weltweit werden nur 5 % der Abwässer gereinigt (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN 1997). In den Entwicklungsländern werden 80 % der Krankheiten durch verseuchtes Wasser oder fehlende Hygiene verursacht, und jeden Tag sterben 6000 Kinder daran (ERKLÄRUNG VON BERN 2003). Obwohl das „unsichtbare“ Grundwasser mehr als das hundertfache Volumen des sichtbaren Oberflächenwassers in Flüssen und Seen beträgt – 30 % der globalen Süßwasservorräte sind im Grundwasser gespeichert –, spielt es im Bewusstsein der Menschen bisher kaum eine Rolle. Und dies, obwohl die Trinkwasserversorgung in vielen Ländern größtenteils aus Grundwasser erfolgt, so zum Beispiel in Deutschland zu mehr als 70 %. In Indien basieren sogar mehr als 80 % des Trinkwassers und mehr als die Hälfte des landwirtschaftlichen Wasserverbrauchs auf Grundwasser. Grundwasser ist – richtig bewirtschaftet und vorausschauend geschützt – eine lebensnotwendige Ressource, deren Bedeutung in Zukunft noch zunimmt. Der Wasserbedarf einer ständig wachsenden Weltbevölkerung kann nur gedeckt werden, wenn Grundwasservorkommen vor Raubbau und Verschmutzung geschützt werden. Da Grundwasser nicht an Staatsgrenzen halt macht, muss sein Schutz auf internationaler Ebene geschehen, zum Beispiel durch die Umsetzung der in der Agenda 21 vorgeschlagenen Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers (UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRES 2003). Die Dringlichkeit dieser aktuellen Probleme sind Begründung genug, warum Grundwasser ein zentrales Thema des Geographieunterrichts sein muss. Vielfach beschränkt sich der Unterricht über Süßwasser heute in den Schulen jedoch nur auf Grundwasser als Teil des Wasserkreislaufs (BAUER, MACK, NÜBLER & RENTZMANN 1989, S. 76; BATZLI, GUTMANN, HOBI & REMPFLER 2003, S. 102) oder den Wasserverbrauch

und die Wasserverteilung auf der Erde (GEIGER & PAUL 1995, S. 85 f.; BATZLI, GUTMANN, HOBI & REMPFLER 2003, S. 105).

3. Forschungsfragen

Folgenden Fragen wurde in dieser Untersuchung nachgegangen:

- Mit welchen Vorstellungen über Grundwasser kommen die Studierenden an die Hochschule?
- Wie verändern sich die Vorstellungen durch Instruktion während des Studiums?
- Welche Alltagssprache verwenden Studierende bei der Beschreibung von Grundwasservorkommen?

4. Methode der Datenerhebung

4.1 Vorbemerkung

Bei der vorliegenden deskriptiven Studie handelt es sich um einen Beitrag zur Praxisforschung. Mit dem Pilotprojekt wurden Beobachtungen aus der Praxis forschungsgestützt reflektiert und dadurch Aspekte und Fragestellungen aufgeworfen, die sowohl aus der Innenperspektive der geographischen Unterrichtspraxis als auch aus der Innenperspektive der damit verbundenen Fachwissenschaft so nie ersichtlich werden. Dieser Aufsatz berichtet über erste explorative Ergebnisse, die mit aller Vorsicht quantitativ und qualitativ ausgewertet wurden, da die Stichprobe nicht repräsentativ zusammengesetzt werden konnte. Den anhand dieser Studie gewonnenen Aussagen wird in einer nachfolgenden Untersuchung weiter nachgegangen mit dem Ziel, zu konkreten Schlüssen für das praktische Handeln geographischen Lehrens und Lernens in Schule und Hochschule zu kommen. Die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegenden Gütekriterien der Praxisforschung sind *Transparenz* des Vorgehens, *Stimmigkeit* von Zielen und Methoden, *Adäquatheit* von Forschungsergebnis und -gegenstand und *Anschlussfähigkeit* der Resultate an das Fachwissen (vgl. MOSER 2003: S. 20 ff.).

Die Forschungsfragen wurden mehrperspektivisch mittels methodischer Triangulation angegangen, indem quantitative (beschreibende Statistik) und qualitative Methoden (fokussierte Interviews und qualitative Datenanalyse) kombiniert wurden.

4.2 Versuchsgruppen

In die Untersuchung wurden 42 deutsche Studierende der Geographie einer Pädagogischen Hochschule in Baden-Württemberg für das Lehramt in der Grund-, Haupt- und Realschule einbezogen. 22 Studierende waren

Studienanfänger und Teilnehmer an einer Einführungsveranstaltung in die Physische Geographie. Die Auswahl dieser Gruppe erfolgte zufällig aus zwei gleich großen Gruppen von Studienanfängern. 20 Studierende waren im Studium schon fortgeschritten (85 % im 5. bis 8. Semester) und hatten schon eine Einführungsveranstaltung in Physischer Geographie und/oder in Petrographie besucht. Sie wurden als Expertinnen und Experten betrachtet. Das Sampling erfolgte in diesem Fall also zielgerichtet.

4.3 Fragebögen

Allen Studierenden wurde ein Fragebogen, der einem Pretest unterzogen worden war, 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 Blockbilder, die Grundwasservorkommen in der äußeren Erdkruste darstellen (Abb. 1). Die Studierenden sollten ankreuzen, welches Blockbild realen Verhältnissen entspricht. Es waren mehrere Lösungen möglich.

Die beiden Fragen im ersten Teil des Fragebogens lauteten:

- 1) Was stellen Sie sich unter dem Begriff Grundwasser vor? Schreiben Sie Ihre Vorstellungen auf.
- 2) Wie kommt Grundwasser in der Natur vor? Beschreiben Sie Ihre Vorstellungen und fertigen Sie eine Skizze dazu an (Skizze beschriften).

Zeichnungen wurden bereits in früheren Studien verwendet, um Alltagsvorstellungen von Lernenden zu erforschen (DOVE 1999; LILLO 1994; SAMARAPUNGAN, VOSNIADOU & BREWER 1996). Besonders PAIVIOS (1990) Theorie der dualen Kodierung, die davon ausgeht, dass Informationen im Gehirn sowohl visuell als auch verbal kodiert und repräsentiert sind, liefert die theoretische Basis dafür, dass mit bildhaften Repräsentationen Einblick in den Verständnisgrad von Lernenden gewonnen werden kann.

Die vier vorgegebenen Blockbilder (Abb. 1) befanden sich auf einem gesonderten Blatt, das nicht zusammen mit dem 1. Teil des Fragebogens abgegeben wurde. Die Studierenden konnten es sich holen, nachdem sie die beiden Fragen beantwortet hatten. Mit diesem Vorgehen sollte vermieden werden, dass die Studierenden beim Zeichnen ihrer Vorstellungen während der Bearbeitung der zweiten Aufgabe von den Blockbildern beeinflusst wurden.

Wie kommt Grundwasser in der Natur vor? (Mehrfachnennungen möglich)

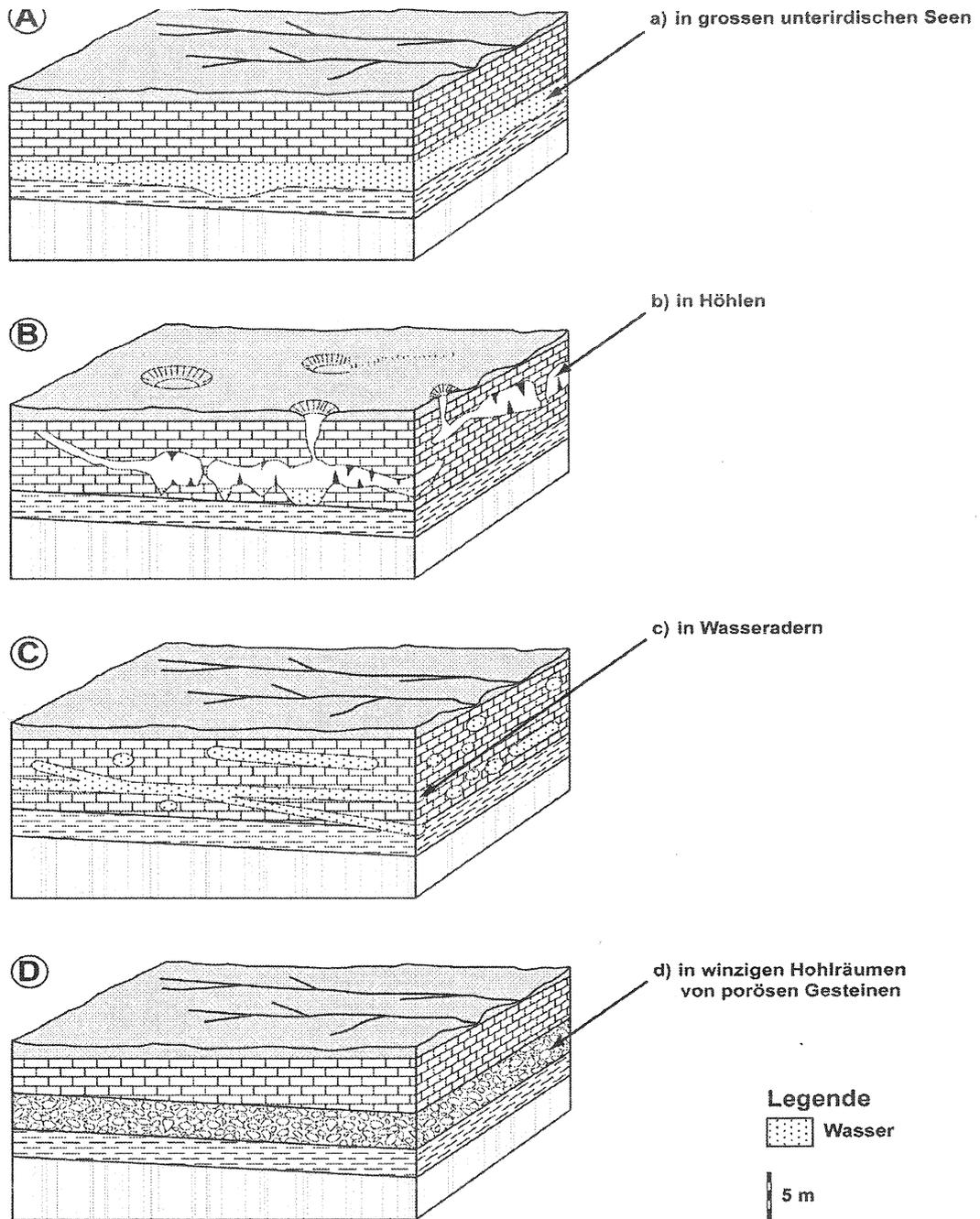


Abbildung 1: Frage 3 des Fragebogens mit vier verschiedenen Blockbildern von Grundwasservorkommen.

4.4 Interviews

Die zu Frage 2 gezeichneten Skizzen konnten bestimmten Modellvorstellungen zugeordnet werden (vgl. Kap. 6.2). Aus der Gruppe der Erstsemestrigen wurden vier Studierende, deren Skizze typisch für je eine der Modellvorstellungen war, zu einem fokussierten Interview eingeladen. Mit Hilfe der beiden Leitfragen

- Was haben Sie sich beim Zeichnen Ihrer Skizze überlegt?
- Wieso haben Sie bestimmte Blockbilder (in Abbildung 1) angekreuzt und andere nicht?

sollten sie ihre Vorstellungen mündlich beschreiben. Die Interviews dauerten zwischen 10 und 15 Minuten und wurden zur optimalen Vergleichbarkeit allesamt von der Autorin durchgeführt.

5. Auswertung

Die Antworten zur ersten Fragebogenfrage wurden qualitativ ausgewertet. Dazu wurden sie einer thematischen Indizierung unterzogen. Die geäußerten Vorstellungen wurden einzeln aufgelistet, nach wissenschaftsorientierten Kriterien der Grundwasserthematik zu Klassen von Phänomenen (Vorkommen, Lagerung, Herkunft, charakteristische Eigenschaften, Verhalten, Sichtbarkeit, Abhängigkeit von anderen Variablen) geordnet und auf ihre zentralen Aussagen reduziert (MOSER 2003, S. 126). Anschließend wurde die Anzahl der Nennungen pro Kategorie ausgezählt, um festzustellen, welches die häufigsten Vorstellungen über Grundwasser sind. Das Prozedere wurde von zwei unabhängigen Personen durchgeführt.

Die Zeichnungen zur zweiten Fragebogenfrage wurden nach einem vorher festgelegten System kategorisiert. Aus den daraus gebildeten Gruppen konnten charakteristische Modellvorstellungen ausgeschieden werden. Zwei unabhängige Personen ordneten die Skizzen der Studierenden den Modellvorstellungen zu. Hier interessierte einerseits, welche Vorstellungen überhaupt vorliegen, wie häufig sie sind und ob sich die Vorstellungen im Laufe des Studiums verändern. Bei signifikanten Differenzen bei der Zuordnung durch die beiden Forscher wurden die Kategorien modifiziert, bis 75%ige Übereinstimmung zwischen den beiden Experten erzielt wurde.

Die Anzahl der Nennungen der Blockbilder in Abbildung 1 und die Häufigkeitsverteilungen der studentischen Modellvorstellungen in Tabelle 2 wurden quantitativ mit Hilfe des Programms Excel ausgewertet, da die Struktur der Daten nur eine deskriptive Statistik mit Häufigkeitsberechnungen zuließ.

Grundwasser

- ist Wasser, das sich in unterschiedlichen Tiefen unter der Erdoberfläche befindet (19x)
- wird gestaut durch / über einer wasserundurchlässigen (Lehm-) Schicht (15x)
- ist versickertes Niederschlagswasser (15x)
- *ist Süßwasser (9x)*
- *ist sehr sauberes Trinkwasser (9x)*
- *kommt in Form von Quellen und Bächen an die Erdoberfläche (8x)*
- Grundwasservorkommen und der Grundwasserspiegel sind klima- und niederschlagsabhängig (8x)
- fließt / strömt in eine bestimmte Richtung (5x)
- ist Teil des Wasserkreislaufs (3x)
- *kommt in Hohlräumen (4x), in unterirdischen Seen (4x), in Höhlen (3x), in unterirdischen Bächen/Flüssen (5x) vor*

Tabelle 1: Beschreibungen des Begriffs Grundwasser. Kursiv gedruckte Aussagen sind nur teilweise richtig oder falsch. In Klammern steht die Anzahl der Nennungen.

	Anzahl Skizzen (n= 42)	%	Anfänger (n= 22)	%	Fortgeschrit- tene (n= 20)	%
Keine Skizze	4	9.5	4	18.2	0	0
Modell 1: Wasserkreis- lauf	5	11.9	5	22.7	0	0
Modell 2: Wasseradern	2	4.8	1	4.6	1	5
Modell 3: Seen	7	16.7	5	22.7	2	10
Modell 4: Schichtenfolge	24	57.1	7	31.8	17	85

Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung der studentischen Modellvorstellung

Die Interviews dienten einerseits dazu, mehr über die Alltagssprache der Probanden zum vorliegenden Gebiet zu erfahren; andererseits sollte anhand der Verbalisierung mehr über die individuellen Vorstellungen in Erfahrung gebracht werden als dies bei schriftlichen und zeichnerischen Beschreibungen möglich ist. Die Interviews wurden in vollem Wortlaut transkribiert und der Text mittels der qualitativen Datenanalyse nach KELLE & KLUGE (1999, S. 67) analysiert. Fallbezogene Kategorien (Aufbau der äußeren Erdkruste, Vorkommen von Grundwasser, Verhalten von Grundwasser, Alltagserfahrungen mit Grundwasser, Beschreibung der Zeichnungen und Blockbilder) und Subkategorien wurden entwickelt und anschließend einzelfallbezogen verglichen. Mit dem Vergleich sollten weitere versteckte naive Alltagsvorstellungen identifiziert werden, die dazu dienen könnten, die mittels Befragung gewonnenen Ergebnisse zu verdichten und Verallgemeinerungen vorzunehmen.

6. Ergebnisse und ihre Interpretation

6.1 Der Grundwasserbegriff

In der Frage 1 des Fragebogens wurde nach den Vorstellungen zum Begriff Grundwasser gefragt. Die Indizierung und Kodierung der häufigsten Antworten (berücksichtigt wurden nur solche, die mindestens dreimal genannt wurden) ergab die neun Aussagen in Tabelle 1. Nur etwas mehr als die Hälfte der Aussagen ist richtig. Häufig sind die studentischen Vorstellungen unvollständig oder auch falsch, was auch durch die Untersuchung von BEILFUSS, DICKERSON, LIBARKIN & BOONE (2004, S. 5 f.) bestätigt wird. Dass Grundwasser nicht notwendigerweise Süßwasser sein muss, ist wahrscheinlich den meisten Menschen nicht bewusst. Interessant ist, dass Grundwasservorkommen häufig mit offenen Hohlräumen assoziiert werden. Es erstaunt auch, dass Grundwasser so häufig als sauberes Trinkwasser bezeichnet wird. Nur ganz wenige Einzelaussagen der Studierenden weisen denn auch auf die Tatsache hin, dass Grundwasser eine lebensnotwendige, aber gefährdete Ressource ist. Es sind dies die Aussagen: Grundwasser ist nicht beliebig verfügbar; Grundwasser kann verschmutzt werden; die Grundwasservorräte werden immer knapper; in Ballungsgebieten ist eine Absenkung des Grundwasserspiegels möglich.

6.2 Die Skizzen

Die Zeichnungen der Studierenden wurden nach folgenden Merkmalen gruppiert (Abbildungen 2-5):

Modell 1: Grundwasser als Teil des natürlichen Wasserkreislaufs

Die Darstellungen (Abb. 2) zeigen einen Querschnitt durch die Erdoberfläche mit Reliefelementen wie Gebirgen und Ebenen. Einige Teilglieder des Wasserkreislaufs (Niederschlag, Quellen, Flüsse, Seen, manchmal auch das Meer) und das Grundwasser sind dargestellt. In einer Skizze sind sie mit Pfeilen verbunden.

Modell 2: Wasseradern

Bei der Vorstellung von Grundwasservorkommen in Wasseradern (Abb. 3) ist die obere Erdkruste profilartig dargestellt und schichtförmig aufgebaut. Auf der ebenen Erdoberfläche befindet sich eine Wiese mit Blumen oder es wachsen Bäume. Darunter folgt eine Schicht, die als wasserundurchlässig gekennzeichnet ist, unter der sich die Wasseradern befinden, die auch explizit als solche beschriftet sind. Nach unten wird das Ganze von einer wasserundurchlässigen Schicht abgeschlossen.

Modell 3: Grundwassersee

Studierende mit der Vorstellung von Grundwasser in unterirdischen Seen (Abb. 4) zeichnen einen Querschnitt durch die obere Erdkruste mit einer flachen Erdoberfläche (manchmal mit Bäumen und Gras auf der Erdoberfläche). Einige Zeichnungen sind auf der rechten Seite von einem schrägen Abhang begrenzt. Unter der Erdoberfläche folgt ein schichtförmiger Aufbau. In einigen Skizzen ist dieser Teil als 'wasserundurchlässige Schichten' bezeichnet. Über einer wasserundurchlässigen Schicht, die die Skizze nach unten abgrenzt, befindet sich ein Hohlraum, in dem das Wasser in Form eines unterirdischen offenen Gewässers vorkommt. Bei der hier abgedruckten Skizze wird der Hohlraum explizit als See (in einem anderen Fall als Höhle) bezeichnet. Falls Vegetation gezeichnet wurde, reichen die Wurzeln der Bäume in das Wasser des unterirdischen Sees. In einigen Skizzen schneidet der kanalförmige Hohlraum den Abhang. Dort befindet sich eine Quelle, die vom Wasser aus dem Kanal gespeist wird.

Modell 4: Schichtförmiger Aufbau der äußeren Erdkruste mit wasserundurch- und undurchlässigen Gesteinen

Bei diesem Modell ist die obere Erdkruste schichtförmig aufgebaut (Abb. 5). Einige Skizzen beschreiben die obere Schicht (manchmal sind es auch mehrere Schichten) als wasserundurchlässig, durch die Niederschlagswasser versickert. Den Abschluss nach unten bildet eine wasserundurchlässige Schicht. Das Grundwasser befindet sich darüber. Über den grundwasserführenden Horizont werden keine Aussagen gemacht.

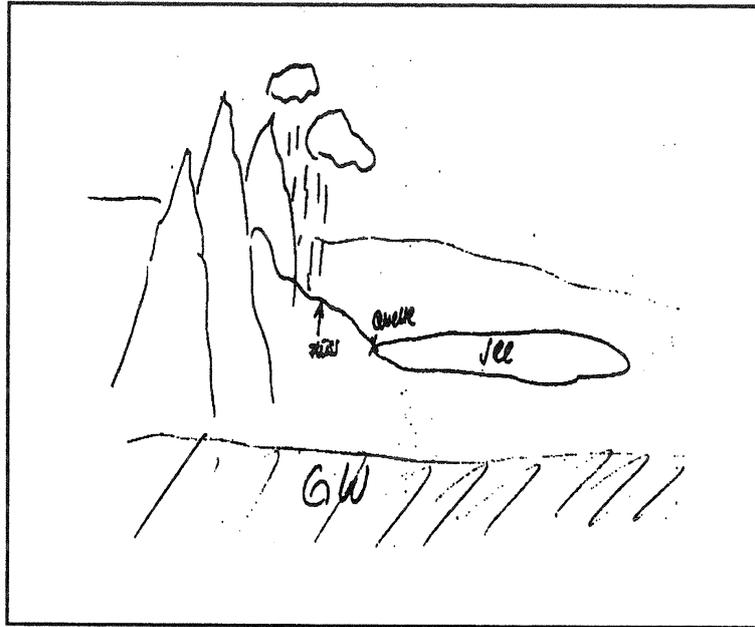


Abbildung 2: Modell 1 - Wasserkreislauf

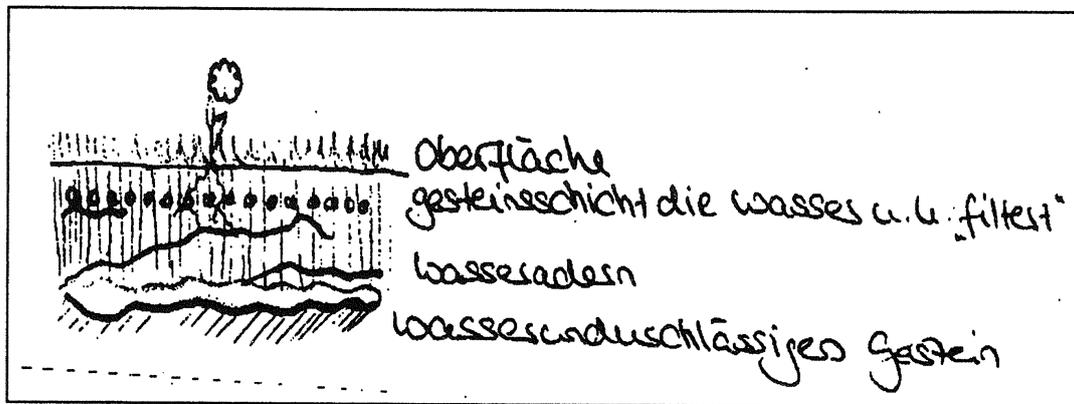


Abbildung 3: Modell 2 - Wasseradern



Abbildung 4: Modell 3 - Grundwassersee

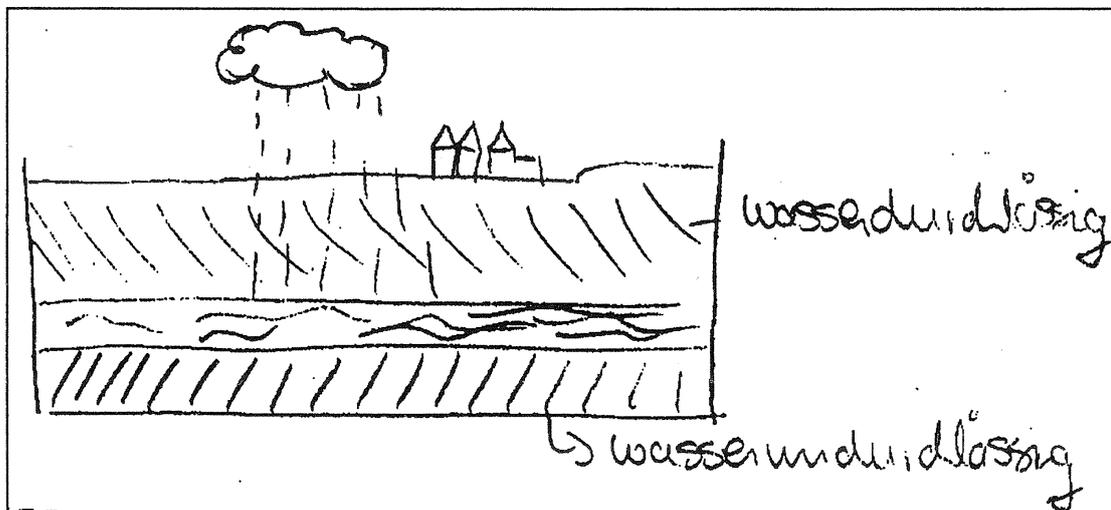


Abbildung 5: Modell 4 – Wechsellagerung von porösen und wasserundurchlässigen Schichten

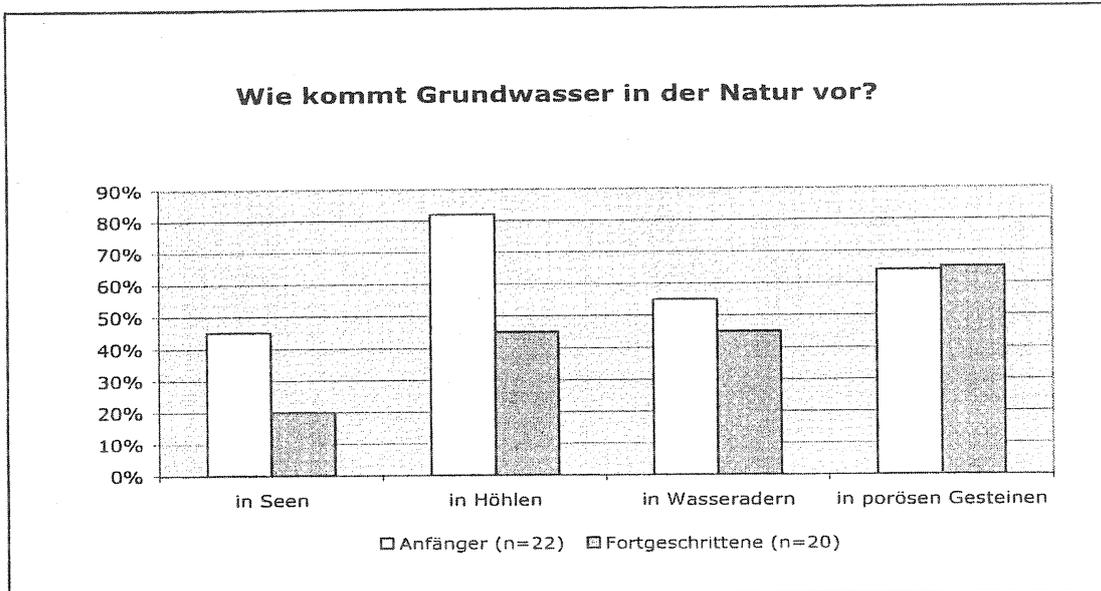


Abbildung 6: Häufigkeit (%) der Nennungen (Mehrfachnennungen möglich)

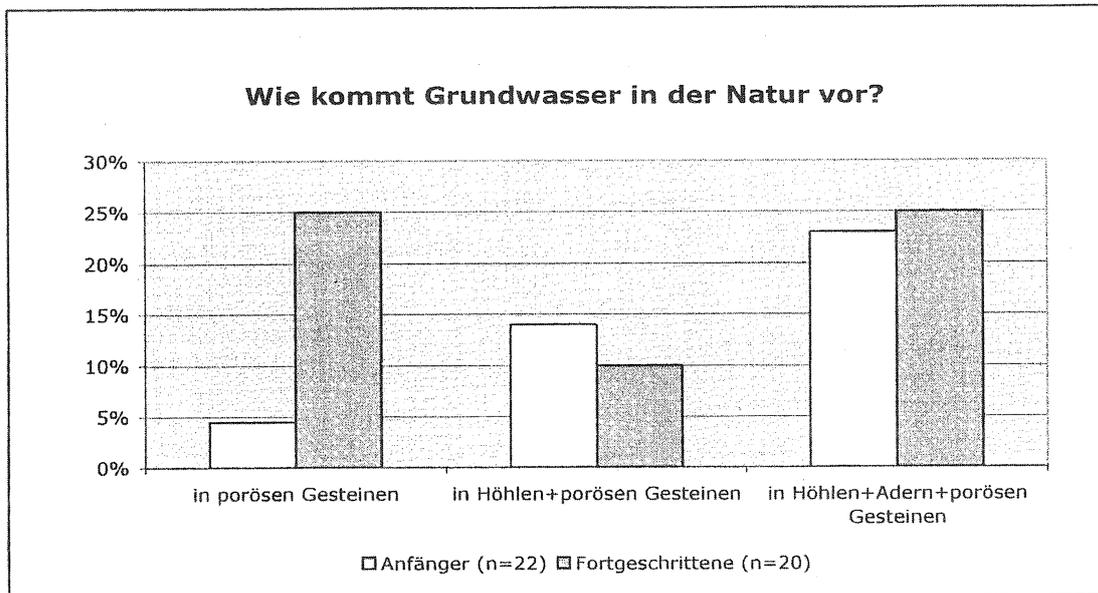


Abbildung 7: Häufigkeit (%) der Nennungen des Einzelitems ‚in porösen Gesteinen‘ und seiner Kombinationen mit anderen Modellvorstellungen

Die Erdoberfläche ist – mit einer Ausnahme – eben und kann Vegetation oder Siedlungsstrukturen aufweisen. Teilweise sind Wolken und Niederschlag hinzugefügt.

Einigen Studierenden kommt demnach bei Frage 2 spontan das Modell des Wasserkreislaufs in den Sinn, während sich andere auf unterirdische Aspekte von Grundwasservorkommen konzentrieren. Beide Betrachtungsweisen stellen korrekte Wege dar, sich der Frage 2 zu nähern, und korrespondieren auch mit den Aussagen in Tabelle 1. Vergleicht man die in Frage 1 genannten Speicherungsformen (Tabelle 1) von Grundwasser mit den Modellvorstellungen, so taucht bei den Zeichnungen eine neue Speicherungsform, nämlich die der Wasseradern, auf.

Die Häufigkeitsverteilung (Tabelle 2) lässt erkennen, dass die Anfänger heterogenere Vorstellungen von der Grundwasserthematik haben als die Fortgeschrittenen. Spontan zeichneten sie Skizzen, die sich allen vier Modellen zuordnen lassen. Die Mehrzahl der Fortgeschrittenen zeichnete spontan das Modell 4, wobei fast alle Skizzen – mit Ausnahme zweier Zeichnungen – nichts über den Charakter der grundwasserführenden Schicht aussagen. Nur in den beiden erwähnten Ausnahmen wurde diese richtigerweise mit einer Konglomerat- bzw. Brekziensignatur versehen und in einem Fall in der Legende als schwammartig beschrieben. Aus dem Vergleich der beiden Gruppen (Anfänger und Fortgeschrittene) kann geschlossen werden, dass durch Instruktion während des Studiums die Vorstellung von Modell 4 bei den meisten Studierenden zum zentralen Konzept wurde.

Im Rahmen der Untersuchung interessierte auch die Frage, auf welchen Erfahrungen die Vorstellungen der Studierenden aufbauen. Offensichtlich besteht kein Zusammenhang zwischen den Vorstellungen über Grundwasser und der Dauer des Geographieunterrichts; denn neun Studierende aus der Anfängergruppe hatten zwar den Leistungskurs Geographie im Gymnasium besucht, jedoch nur zwei von ihnen gaben an, dort etwas über Grundwasser gehört zu haben. (Diese beiden Studierenden zeichneten Modell 4). Die meisten Studierenden aus der gesamten Anfängergruppe wussten nicht, woher sie ihre Ideen haben. Nur wenige Studenten konnten konkrete Aussagen machen: Sie haben in die Schule (fünf Nennungen), von den Eltern (eine Nennung), im Fernsehen (eine Nennung) oder durch Alltagserfahrung (zwei Nennungen), wie z. B. beim Bau eines Brunnens im Garten, von Grundwasser gehört. In der Fortgeschrittenengruppe gaben alle an, ihr Wissen im Studium erworben zu haben.

6.3 Präferenzen bei den Blockbildern

Aus einer Auswahl von vier Blockbildern (Abbildung 1), die als natürliche Grundwasservorkommen dargestellt waren, konnten die Studierenden ankreuzen, welche Darstellungen ihrer Meinung nach am ehesten in der Natur vorkommen. Mehrfachnennungen waren möglich. Die Darstellung der Ergebnisse in Abbildung 6 zeigt, dass viele Anfänger alle vier Möglichkeiten für realistisch halten (insgesamt 54 Nennungen), wobei dem Vorkommen von Grundwasser in Höhlen der Vorzug gegeben wird. Dies ist nicht erstaunlich, da viele Studierende aus dem Stuttgarter Raum und der Schwäbischen Alb kommen und ihnen von dort Karstphänomene, insbesondere -höhlen bekannt sind. Die Fortgeschrittenen beschränkten sich in der Gesamtzahl der Nennungen (35) deutlich und votierten weniger für Grundwasserseen und -höhlen als die Anfänger. Die Vorstellungen von Grundwasseradern und Grundwasser in porösen Gesteinen sind jedoch fast gleich häufig, wie bei den Anfängern. Es wird vermutet, dass durch Instruktion die Vielfalt der Vorstellungen auf wenige, korrektere Konzepte reduziert wird, dass aber naive Vorstellungen gleichzeitig bestehen bleiben.

Abbildung 7 zeigt die separate Analyse des Einzelitems „in porösen Gesteinen“ und die von den Studierenden gewählten Kombinationen dieses Items mit anderen Speichermöglichkeiten. Verglichen werden hier nur die Studenten, die entweder nur „in porösen Gesteinen“ oder nur „in Höhlen und poröse Gesteine“ oder nur „in Höhlen, Adern und poröse Gesteine“ angekreuzt haben. Die beiden Blockbilder, die die natürlichen Verhältnisse korrekt angeben (Blockbild Höhlen und poröse Gesteine), wurden nur von ganz wenigen Studierenden gleichermaßen angekreuzt. In der Fortgeschrittenengruppen können sich zwar mehr Studierende vorstellen, dass Grundwasser in porösen Gesteinen vorkommt, nicht aber, dass beide Möglichkeiten richtig sind. Die Kombination von Höhlen, Adern und porösen Gesteinen wurde in beiden Gruppen von einem Viertel der Probanden gewählt. Dies wird als weiteres Indiz für die Vermutung gewertet, dass die naiven Alltagsvorstellungen trotz Instruktion nicht so leicht aufgegeben werden.

6.4 Die Interviews

Die vier Studierenden (20-24 Jahre alt, 5-7 Jahre Geographieunterricht in der Schule), die zum Interview eingeladen wurden, beschrieben Grundwasser als unterirdisch gelagertes Wasser, das seinen Ursprung an der Erdoberfläche hat und an Abhängen als Quelle austreten kann. Alle hatten spontan erkannt, dass die vier vorgegebenen Blockbilder denselben Auf-

bau aus wasserdurchlässigen und -undurchlässigen Schichten zeigen, ohne dass die Signaturen der Schichten in einer Legende erklärt wurden. Für alle vier waren harte und undurchlässige Gesteine dasselbe. Als hart und damit undurchlässig wurden Kalkstein und Sandstein klassifiziert, während Matsch, Steinchen, Kies und Sand als durchlässige Gesteine bezeichnet wurden. Diese Sedimentsauswahl zeigt, dass durchlässig mit weich assoziiert wird: weich nicht nur im Sinne von breiig oder teigig, sondern auch im Sinne von „nicht zu einem Gesamtgefüge verfestigt“.

Die Vorstellung, dass Wasser im Untergrund an offene Hohlräume gebunden sein muss, ist omnipräsent. Dabei wird umgangssprachlich kein Unterschied zwischen Höhle, See, Riss, Öffnung oder Gang gemacht. Erst bei der genaueren Besprechung der Blockbilder erfolgt eine Präzisierung der Hohlraumformen. Höhlen sind von der Schwäbischen Alb her bekannt. Große unterirdische Seen werden von drei der Interviewten für möglich gehalten. Die Studierenden gehen davon aus, dass der hydrostatische Druck des unterirdisch gespeicherten Wassers dem Einbrechen der Deckschichten entgegenwirkt. Dieses naive Alltagskonzept ist auch als Vorstellung über die Lagerung von Erdöl bekannt und beruht auf mangelndem Wissen über die hydrostatischen und lithostatischen Eigenschaften von Wasser und Gestein in der Erdkruste. Hier wäre die Vorstellung, dass die Gesteinsschicht über dem Grundwassersee viel zu schwer ist, um gehalten zu werden, plausibler. Nur ein Student bringt denn auch zum Ausdruck, dass die statischen Verhältnisse wohl keine sehr großen, unterirdischen, wassergefüllten Hohlräume erlauben.

Das Konzept von Wasseradern ist ebenfalls zentral. Es werden auch konkrete Angaben zur Dicke (im Meterbereich) und zum Verlauf der Adern (horizontal in alle Himmelsrichtungen) gemacht und erläutert, anhand welcher Oberflächenmerkmale (Bäume, die eine Windung im Stamm erkennen lassen) sie zu erkennen und mit welchen Methoden (Wünschelrute) sie zu identifizieren sind. Wie Grundwasser aber in porösem Gestein gespeichert ist, konnte dagegen keiner der Befragten genauer beschreiben.

Allgemein bekannt ist auch, dass Wasser im Untergrund einer Strömung unterliegt. Da aber von der Vorstellung der offenen Hohlräume ausgegangen wird, werden die Strömungsgeschwindigkeiten mit der von Bächen verglichen und damit gewaltig überschätzt. Grundwasser fließt mit 1m pro Tag bis 1m pro Jahr, Bäche cm bis dm pro Sekunde.

Die Ergebnisse der Interviews stützen die in der schriftlichen Befragung gewonnenen Daten und bringen Präzisierungen über die naiven Subkonzepte der Studienanfänger in fünf Punkten. Konkret sind dies:

- die Vorstellungen über die Beschaffenheit der wasserdurchlässigen Schichten/Gesteine,
- die Vorstellungen über die Beschaffenheit der wasserundurchlässigen Gesteine,
- die Vorstellung der Speicherung von Grundwasser in unterirdischen Seen,
- die Vorstellung der Speicherung von Grundwasser in Wasseradern,
- die Strömungsgeschwindigkeit von Grundwasser.

7. Diskussion

7.1 Deutung der beobachteten mentalen Modelle

Aus Forschungsarbeiten über die Vorstellungen von Kindern über die Erde als Himmelskörper weiß man, dass sich schon kleine Kinder ohne äußere Beeinflussung Weltbilder konstruieren, die auf dem Bild beruhen, das sie sich anhand direkter Anschauung von der Erde machen. In diese Alltagstheorien werden später Informationen über die Erde, die sie von den Erwachsenen bekommen, schrittweise eingearbeitet (SOMMER 2002, S. 79).

Das Erkennen von Grundwasser ist ähnlich schwierig, da man in der Regel Grundwasser weder sehen noch ertasten kann, also nicht wirklich durch Anschauung erfahren kann. Wann und wie beim Kind erste Vorstellungen über „Wasser im Untergrund“ entstehen, wurde bisher nicht untersucht. Durchsucht man Geographie-Schulbücher und -Lehrbücher auf das Thema, so stellt man fest, dass in Schulbüchern – vorausgesetzt, das Thema kommt überhaupt vor – das Schema des Wasserkreislaufes, das im wesentlichen der Modellvorstellung 1 entspricht, verwendet wird. In solchen Schemata wird die Grundwasserströmung meist als ein vom Festland zum Meer gerichteter Pfeil oder als offener Hohlraum (BRUCKER & HAUSMANN 1984) gezeichnet, wobei keine Informationen über den Aquifer selbst vermittelt werden (BAUER, MACK, NÜBLER & RENTZMANN 1989). BATZLI, GUTMANN, HOBI & REMPFLER (2003, S. 104) haben dagegen in ihrem Schulbuch für die Sekundarstufe I versucht, in einem solchen Schema den Grundwasserkörper realistischer in der Art einer porösen, wasserführenden Schicht dazustellen. In Lehrbüchern, die im tertiären Bildungsbereich eingesetzt werden, kommen dagegen häufig Abbildungen von Aquiferen (GOUDIE 2002, S. 369) vor, die teilweise auch die Eigenschaften der gesättigten Bodenzone erläutern (PRESS & SIEVER 1995, S. 258). Karstphänomene sind ebenfalls Gegenstand von Schul- und Lehrbüchern, so dass sowohl für die Modellvorstel-

lung 3 (Grundwassersee) als auch 4 (Schichtenfolge) Vorbilder gefunden werden können.

Schwieriger wird es bei der Vorstellung der Wasseradern in Modellvorstellung 2. Grundwasser fließt fast überall flächig im Untergrund im Porenraum von Sanden und Kiesen oder in Festgesteinen, wenn diese schmale, flächig verteilte Fugen, Spalten oder auch einen zusammenhängenden Porenraum aufweisen. Nur selten und auch nur in Karstgebieten erfolgt der Grundwasserfluss in großen Spalten oder überfluteten Höhlensystemen, die als lineare Strukturen der Vorstellung von „Wasseradern“ ansatzweise entsprechen könnten. Die weit verbreitete Vorstellung von Wasseradern (also kanalartigen, Wasser führenden Gebilden unter der Erde) stimmt mit geologischen Erkenntnissen nicht überein. Die von Wünschelrutengängern angeblich festgestellten „Wasseradern“ verlaufen gemäß deren Beschreibungen meist unregelmäßig entgegen den tatsächlichen geologischen Verhältnissen und werden von ihnen oft als sich bachartig windende Wasserläufe aufgezeichnet. Diese Vorstellungen über die Grundwasserverhältnisse decken sich auffallend mit einer in früheren Zeiten verbreiteten, sehr einfachen Volksmeinung über den geologischen Aufbau des Untergrundes. Hierbei werden Strukturen aus an bestimmten Stellen zugänglichen Gebirgen (Höhlensysteme) und die Formen von Oberflächengewässern in den gesamten Untergrund projiziert (GESELLSCHAFT ZUR WISSENSCHAFTLICHEN UNTERSUCHUNG VON PARAWISSENSCHAFTEN 2004).

Neben der Tendenz, sich die Welt mittels Analogien zu ähnlichen Gegenständen oder Gegebenheiten zu erklären, gibt es auch so genannte anthropomorphe Erklärungsversuche, die häufig auf solche Naturphänomene übertragen werden, die weder gesehen noch ertastet werden können. Die Vorstellung, dass der Erdkörper dem menschlichen Körper gleicht, geht auf Pythagoras (ca. 580 bis ca. 500 v. Chr.) zurück (PERRIG 2002). Nach der im antiken Griechenland verbreiteten Theorie durchziehen die Wässer, die sich in der Tiefe stetig neu bilden, den Leib der Erde in Adern und beleben und nähren ihn. In Anlehnung an diese Ideen verglichen Leonardo da Vinci (1452-1519) und Johannes Kepler (1571-1630) das Wasser mit dem Blut einer als Organismus aufgefassten Erde (BAYRISCHE STAATSSAMMLUNG FÜR PALÄONTOLOGIE UND GEOLOGIE 2003). Obwohl schon seit dem 17. Jahrhundert immer wieder Zweifel an diesen Vorstellungen geäußert wurden und heute durch eine wissenschaftliche Untersuchung bewiesen ist, dass es keine Wasseradern, die mit Wünschelruten geortet werden können, gibt (KÖNIG & BETZ 1989),

hat sich die Denkfigur der Wasseradern im Inneren des Erdkörpers hartnäckig in der Vorstellung vieler Menschen gehalten.

Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang, dass sowohl in Lehrbüchern zur Geographiedidaktik (RINSCHÉDE 2003, S. 275) als auch in Schulbüchern (GEIGER & PAUL 1995, S. 95) beispielsweise der artesische Brunnen mit einem Modell erklärt wird, in welchem ein wasserführender Horizont durch einen Schlauch – also als ein Symbol für eine Ader – präsentiert wird. Diese Analogie ist entgegen der Intention der Autoren hier wohl eher Teil des Problems als Teil der Lösung. Der Einsatz von Analogien im Unterricht kann hilfreich sein, sofern diese nicht neue Fehlvorstellungen hervorrufen oder alte Fehlvorstellungen vertiefen (GLYNN & al. 1995). Zu wenig durchdachte Unterrichtshilfen, die zur Veranschaulichung herangezogen werden, bergen die Gefahr in sich, dass sie sich zu einem eigenen Unterrichtsgegenstand entwickeln. Die Lernenden müssen dann das Konzept des artesischen Brunnens gesondert lernen, anstatt es aus ihrem Zusammenhangswissen über Grundwasser herzuleiten.

Diese ersten Recherchen lassen den Schluss zu, dass Alltagsvorstellungen über Wasser im Untergrund einerseits auf naive Präkonzepte zurückgehen, die den Kindern von den Erwachsenen (in der Regel den Eltern) schon früh vermittelt werden. Einfluss haben aber auch bildhafte Darstellungen, z. B. aus Schulbüchern, die die Realität nur unvollständig oder falsch wiedergeben. Lehrbuchautoren werden sich somit in Zukunft genauer als bisher mit mentalen Modellen auseinandersetzen müssen, und zwar nicht nur mit jenen der Schülerinnen und Schüler, sondern auch ihren eigenen.

Warum aber hält ein bestimmter Prozentsatz der Lernenden an naiven Alltagstheorien, hier vor allem an der Vorstellung von Wasseradern, fest, obwohl sie während des Studiums mit wissenschaftlich akzeptierten Konzepten konfrontiert werden? Gründe dafür gibt es viele; DUIT (1993; 1995, S. 16 f.) nennt:

- Widersprüche zu wissenschaftlich akzeptierten Konzepten werden ignoriert,
- die wissenschaftliche Sichtweise wird verstanden, aber nicht geglaubt,
- die Laienvorstellungen haben sich im Alltag bewährt.

Naive Laienvorstellungen können nicht einfach durch wissenschaftliche Vorstellungen ersetzt werden. Vielmehr koexistieren Alltagskonzepte und wissenschaftliche Konzepte in verschiedenen Kontexten nebeneinander (DUIT 1995, S. 13 f.). Durch Instruktion scheinen Lernende sogar Misch-

konzepte zu entwickeln, die vom Lehrenden oder dem Lernmaterial so niemals beabsichtigt waren. Dies wird in der vorliegenden Untersuchung bestätigt: Einige Studierende halten trotz des Fachwissens, dass Grundwasser in Gesteinsverbänden mit porösen und impermeablen Gesteinen vorkommt, an der Vorstellung der Speicherung von Wasser in Hohlräumen wie Wasseradern fest. Solche Widersprüche sind aus der Geschichte der Wissenschaft gut bekannt. Man denke nur daran, dass Louis Agassiz jahrelang darum kämpfen musste, dass seine Theorie der Vergletscherung großer Teile Europas von der Gemeinschaft der Wissenschaftler anerkannt wurde, obwohl man mit der Sintfluttheorie nicht schlüssig beweisen konnte, wie riesige Findlinge durch schwimmende Eisberge bei Überschwemmungen auf die über 1000 m hohen Gipfelregionen des Jura gebirges gelangt sein könnten. Obwohl Agassiz Theorie plausibel ist, konnte man sich während der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts schlicht nicht vorstellen, dass Eis auf dem Festland Gesteinsbrocken über große Distanzen transportieren könne.

7.2 Konsequenzen und Empfehlungen für die Lehrerbildung

Die Ergebnisse dieser Pilotstudie lassen den Schluss zu, dass die Wege der Grundwasserverschmutzung sowie das Thema der Grundwasserneubildung und -nutzung nicht verstanden werden können, wenn die Menschen keine korrekte Vorstellung von dessen Vorkommen in der Natur haben. Dies zeigt zum Beispiel die in Japan verbreitete Idee, dass Wasser aus dem Brunnen im eigenen Gärtchen selbst in dicht besiedelten Agglomerationsgebieten besser sei als das Wasser der staatlichen Wasserversorgung, das aus dem Wasserhahn kommt (INTERNETACADEMY 2003). Ohne korrektes Wissen ist aber auch einsichtiges Handeln zum Schutz des Grundwassers nur schwer möglich. Der Weg zum Wissen geht über die Klärung der Präkonzepte in Schule und Hochschule. Wie soll jedoch der Konzeptwandel erfolgen, da traditionelle Instruktion nachgewiesenermaßen wirkungslos bleibt (HERON 2003)?

Lehrende stoßen in ihrem Unterricht immer wieder auf vorunterrichtliche Vorstellungen von Lernenden und haben das intuitive Empfinden, dass sie diese klären sollen, bevor sie ein wissenschaftliches Konzept erläutern. Solange sie aber nicht wissen, was diese Alltagsvorstellungen eigentlich sind und warum es wichtig ist, diese Präkonzepte zu klären, können sie die zur Zeit geführte Konstruktivismus-Diskussion kaum verstehen geschweige denn in ihrem Unterricht umsetzen. Konstruktivistische Ansätze verlangen von der Lehrkraft, dass sie eine umfassende Sicht ihres Faches hat, und es muss ihr ein Anliegen sein, im Unterricht individuelle Konstruktionen von kontextualisiertem Wissen zuzulassen, anstatt

auf der Vermittlung von dekontextualisiertem Faktenwissen zu bestehen. Lehrende kennen auch oft keine formalen Diagnosestrategien und haben wenig geeignetes Unterrichtsmaterial, das die Problematik der Alltagsvorstellungen einbezieht (MORRISON & LEDERMANN 2003, S. 861 ff.). Bezogen auf den Geographieunterricht heißt dies, dass diese genannten Defizite in der Lehrerausbildung an den Universitäten und Pädagogischen Hochschulen behoben werden müssen, indem die Erkenntnisse der Kognitionspsychologie in der Geographiedidaktik vermehrt berücksichtigt werden. Durch die Konfrontation der Lehramtsstudierenden mit ihren eigenen Präkonzepten und die fachbezogene Diskussion über konstruktivistische Theorien werden die Studierenden für das Thema sensibilisiert. Im Idealfall erleben sie in ihrer fachwissenschaftlichen Ausbildung einmal an sich selbst den Prozess des Konzeptwandels. Denn das „Verstehen“ einer wissenschaftlichen Sichtweise genügt offenbar nicht allein, um das Wissen auch in der Praxis anwenden zu können (DUIT 2000, S. 85). Zukünftige Lehrerinnen und Lehrer müssen aber auch die häufigsten Präkonzepte ihres Faches kennen (soweit diese bekannt sind) und wissen, wie man mit ihnen im Unterricht umgeht und welche Strategien es gibt, mit denen ein Konzeptwandel eingeleitet werden kann (JUNG 1986; DRIVER & SCOTT 1994). Da Wissen meist situativ gebunden ist, bleibt theoretisches Wissen im Unterricht träges Wissen und damit wirkungslos. Deshalb sind auch entsprechende Anwendungs- und Übungsmöglichkeiten in der praktischen Ausbildung zukünftiger Lehrerinnen und Lehrer gefordert.

Literatur

- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1990):
Science for all Americans.
- BAYRISCHE STAATSSAMMLUNG FÜR PALÄONTOLOGIE UND GEOLOGIE
(2003): Von Wasseradern und Wüschelruten 4/01. Geo Forum.
<http://www.iaag.geo.uni-muenchen.de/sammlung/Wasseradern.html>
18.3.2004.
- BATZLI, S., GUTMANN, B., HOBI, P. & REMPFLER, A. (2003): Das Geobuch 2. – Zug.
- BAUER, J., MACK, W., NÜBLER, W. & RENTZMANN, K. (1989): Seydlitz: Mensch und Raum, Physische Geographie. [Cornelsen Schroedel] – Berlin.
- BEILFUSS, M., DICKERSON, D., LIBARKIN, J. C. & BOONE W. (2004): Exploring Conceptual Understanding of Groundwater Through College Students' Interviews and Drawings. – In: Proceedings of the NARST 2004 Annual Meeting in Vancouver, Canada, S. 1-9.

- BRUCKER, A. & HAUSMANN, W. (Hrsg.) (1984): Unsere Erde, Erdkunde 7 für Realschulen in Bayern. – München.
- CAREY, S. (1986): Cognitive Science and Science Education. – In: American Psychologist, 41 (10), S. 1123-1130.
- DELAUGHTER, J. E., STEIN, S., STEIN, C. A. & BAIN, K. R. (1998): Preconceptions about Earth Sciences Among Students in an Introductory Course. – In: Eos 79, S. 429 ff.
- DOVE, J. E. (1999): Exploring a Hydrological Concept Through Children's Drawings. – In: International Journal of Science Education, Vol. 21 (5), S. 485-497.
- DRIVER, R. & SCOTT, P. H. (1994): Schülerinnen und Schüler auf dem Weg zum Teilchenmodell. – In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 42, S. 24-31.
- DUIT, R. (1993): Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. – In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 4 (16), S. 4-10.
- DUIT, R. (1995): Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie. – In: Plus Lucis H. 2, S. 11-18.
- DUIT, R. (2000): Konzeptwechsel und Lernen in den Naturwissenschaften in einem mehrperspektivischen Ansatz. – In: DUIT, R. & VON RHÖNECK, C. (Hrsg.): Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel 169, Kiel, S. 77-103.
- ERKLÄRUNG VON BERN (2003): UNO Jahr des Wassers und GATS. – http://www.evb.ch/index.cfm?page_id=1922, 12.3.04
- GEIGER, M. & PAUL, H. (1995): Terra Erdkunde Realschule Baden-Württemberg 10. – Gotha.
- GESELLSCHAFT ZUR WISSENSCHAFTLICHEN UNTERSUCHUNG VON PARAWISSENSCHAFTEN (2004): Erdstrahlen. – <http://www.gwup.org/themen/texte/erdstrahlen/> 18.3.04
- GLYNN S. M., DUIT R. & THIELE R. B. (1995): Teaching Science with Analogies: A Strategy for Constructing Knowledge. – In: GLYNN, S. M. & DUIT, R.: Learning Science in the School. New Jersey: Lawrence Erlbaum, S. 247-273.
- GOUDIE A. (2002): Physische Geographie – Eine Einführung. 4. Auflage. – Heidelberg.
- 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. – Washington D. C.: The National Academies Press, S. 32-37.

- INTERNETACADEMY (2003): Oishi miszu no jōken (Die Voraussetzungen für gutes Wasser). – <http://www.internetacademy.co.jp/~nobusat/water3htm> 4.4.04
- JUNG, W. (1986): Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. – In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik / Chemie* 34, S. 2-6.
- KELLE, U. & KLUGE, S. (1999): *Vom Typus zum Einzelfall. Qualitative Sozialforschung* 4. – Opladen.
- KÖNIG, H. L. & BETZ, H.-D. (1989): *Erdstrahlen? Der Wünschelruten-Report.* – München.
- 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. – In: *Teaching Earth Sciences* 19 (3), S. 83-89.
- MORRISON, J. A. & LEDERMAN, N. G. (2003): Science Teachers' Diagnosis and Understanding of Students' Preconceptions. – In: *Science Education* Vol. 87, (6), S. 849-867.
- MOSER, H. (2003): *Instrumentenkoffer für die Praxisforschung.* – Zürich.
- MINTZES, J. J. & WANDERSEE, J. H. (1998): *Research in Science Teaching and Learning: A Human Constructivist View.* – In: MINTZES, J. J., WANDERSEE, J.H. & J. NOVAK, D. (Eds.): *Teaching Sciences for Understanding: A Human Constructivist View.* - San Diego, CA: Academic Press, S. 59-92.
- PERRIG, A. (2002): *Landschaftsmalerei in Mittelalter und Renaissance oder die Schwierigkeit, mit Bergen und Flüssen ins Reine zu kommen.* – In: KUNST- UND AUSSTELLUNGSHALLE DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (Hrsg.): *Erde. Schriftenreihe Forum / Band 11, Elemente des Naturhaushalts III.* – Bonn, S. 452-482.
- PAIVIO, A. (1990): *Mental Representations: A Dual-Coding Approach. Second Edition.* – New York.
- PRESS, F. & SIEVER, R. (1995): *Allgemeine Geologie.* – Heidelberg.
- RINSCHÉDE, G. (2003): *Geographiedidaktik. (=UTB 2324).* – Paderborn.
- SAMARAPUNGAVAN, A., VOSNIADOU, S. & BREWER, W. F. (1996): *Mental Models of the Earth, Sun, and Moon: Indian Children's Cosmologies.* – In: *Cognitive Development* 11, S. 491-521.
- SOMMER, C. (2002): *Wie Grundschüler sich die Erde im Weltall vorstellen – eine Untersuchung über Schülervorstellungen.* – In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 8, S. 69-84.
- UNITED NATIONS (2001): *International Year of Freshwater, 2003, Resolution A/55/196.* – <http://www.un.org/events/water/> 12.3.04

- UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRES (2003): Agenda 21, Chapter 18, Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to the Development, Management and Use of Water Resources, 18.40D. – <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/> 12.3.04
- VOSNIADOU, S. & BREWER, W. F. (1992): Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. – In: *Cognitive Psychology* 24, S. 535-585.
- VON GLASERSFELD, E. (1993): Questions and Answers About Radical Constructivism. – In: TOBIN, K. (Ed.): *The Practice of Constructivism in Science Education*. – Washington D. C.: American Association for the Advancement of Sciences.
- WANDERSEE, J. H., MINTZES J. J. & NOVAK (1994): Research on Alternative Conceptions in Science. – In: GABEL D. L. (Ed): *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*, - New York, S. 177-210.
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (1997): Deutschland soll internationale Wasserpolitik aktiv mitgestalten. Presseerklärung. – http://www.wbgu.de/wbgu_jg1997_presse.html 12.3.04

Summary

Ideas about groundwater in subsurface environments - An investigation of college students' mental models concerning concepts of physical geography

Research has established that students enter their classrooms with ideas about the natural world that do not correspond with accepted scientific findings. The diagnosis of these student preconceptions may be seen as a crucial initial step in the process of teacher-facilitated conceptual change at all grade levels which provides the basis to achieve scientific literacy. To diagnose students preconceptions teachers themselves have to be aware of their own mental models and should have an adequate comprehension of the concepts that are scientifically accepted.

This paper refers to a pilot study concerning mental models of German teacher candidates about subsurface water. The topic of water was chosen because the United Nations declared 2003 the International Year of Freshwater to draw attention to the fact that water is one of the most essential resources for life and must therefore be considered an important topic in the teaching of geography.

To diagnose students' preinstructional ideas and the concepts they constructed through instruction, a group of 22 undergraduates and a group of 20 graduates were questioned using a questionnaire. Their answers were grouped in four plausible model concepts. As students' concepts revealed erroneous assumptions and ideas, in-depth interviews were conducted with a representative subgroup to understand how these ideas were constructed. Data analysis using quantitative and qualitative methods showed that students' mental models are partly the result of naïve misconceptions and partly the result of misleading illustrations presented to them in textbooks. While classroom instruction generally improved students' concepts a small number of students clung to their naïve misconceptions that seemed to persist unchanged side by side with the scientifically accepted concepts. Overall, students' scientific knowledge about subsurface water is poor.

Dank

Mein besonderer Dank gilt ETH-Naturwissenschaftlerin Marianne Landtwing, die bei der Zeichnung der Blockbilder mitgewirkt hat. Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. R. Duit vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel für seine Literaturhinweise und seine hilfreichen Diskussionsbeiträge.