

Reinfried, Sibylle; Aeschbacher, Urs

## Wo das Quellwasser herkommt: «Tiefenstrukturen» im Berginneren

Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 31 (2013) 1, S. 93-99



Empfohlene Zitierung/ Suggested Citation:

Reinfried, Sibylle; Aeschbacher, Urs: Wo das Quellwasser herkommt: «Tiefenstrukturen» im Berginneren - In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 31 (2013) 1, S. 93-99 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-138393

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.bzl-online.ch>

### Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

### Kontakt / Contact:

peDOCS  
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

## Wo das Quellwasser herkommt: «Tiefenstrukturen» im Berginneren

Sibylle Reinfried und Urs Aeschbacher

**Zusammenfassung** Unzutreffende intuitive Vorstellungen über die Herkunft von Quellwasser aus dem Berginneren sind weit verbreitet und können das Verständnis für hydrologische Zusammenhänge ungünstig beeinflussen. Im Sinne des pädagogischen Konstruktivismus wurde ein Lehrtext zum Thema «Hangquelle» für das 7. Schuljahr entwickelt, der nach lernpsychologischen Kriterien aufgebaut ist und das Ziel hat, fehlerhafte Vorstellungen durch tiefes Lernen zu verändern. Gestaltungskriterien waren dabei «Problemorientierung», «handlungsnaher begrifflicher Aufbau», «Anknüpfen an strukturähnlichem Vorwissen» und «Fördern der gedanklichen Beweglichkeit». Die Wirksamkeit des Lehrtexts hinsichtlich der Veränderung von kognitiven Tiefenstrukturen konnte in einer Lernprozessstudie nachgewiesen werden.

**Schlagwörter** Fehlkonzeptionen – Konstruktivismus – verstehensorientiertes Denken

### Where Spring Water Comes From: «Deep Structures» Inside Mountains

**Abstract** Erroneous intuitive notions about the origin of spring water emerging on hillslopes are widespread and may impede the development of correct hydrological knowledge. Based on the theory of educational constructivism, an instructional tool consisting of texts and illustrations on the topic of hillslope springs was developed for 7<sup>th</sup> graders. The instructional tool was designed according to the criteria of educational psychology, aiming at the conceptual change of erroneous conceptions through deep learning. The applied design criteria were «problem-orientation», «action-oriented conceptional structure», «linkage between new knowledge and structurally similar prior knowledge» and «facilitating cognitive agility». The effectiveness of the instructional tool regarding the change of deep cognitive structures could be proved in a learning process study.

**Keywords** misconceptions – constructivism – comprehension-oriented reasoning

## 1 Problemstellung

Die Frage, warum manche Wasserquellen über Generationen hinweg ununterbrochen und in annähernd gleichbleibender Menge Wasser schütten – selbst in lang andauernden Trockenzeiten –, hat die Menschheit schon immer beschäftigt. Als plausible, intuitive, aber unzutreffende Erklärung werden für dieses Phänomen schon seit der Antike grosse unterirdische «Wasserblasen» oder «Wasseradern», die die Quellen speisen, herangezogen. Ähnliche Vorstellungen wurden im Rahmen einer Vorwissenserhebung

auch bei 81 Dreizehnjährigen «zutage gefördert» (Reinfried, Tempelmann & Aeschbacher, 2012):

- a) Festes, hartes Gestein kann nicht von Wasser durchdrungen werden, wenn es keine Risse oder Spalten hat.
- b) Im Berginneren kommt Wasser nur in grossen unterirdischen Hohlräumen (Höhlen, Gängen, Kanälen) vor.

Grund- und Quellwasser sind Ausprägungen des unterirdischen Teils des Wasserkreislaufs, der der menschlichen Wahrnehmung in der Regel verborgen bleibt und damit nicht vorstellungsbildend ist. Ausgehend von der Beobachtung, dass festes, hartes Gestein wasserundurchlässig zu sein scheint, ist es somit naheliegend, sich Grundwasservorkommen mittels Analogien/Anthropomorphismen zu erklären. Quellwasser aus unterirdischen Hohlräumen kennt man zwar aus Gebieten mit verkarsteten Karbonatgesteinen, wobei es sich allerdings um relativ seltene Phänomene handelt, denn verkarstungsfähige Gesteine machen nur einen sehr kleinen Teil der Erdoberfläche aus (Press & Siever, 1995, S. 53 und 155). Die für diese Gebiete typischen Karstquellen zeichnen sich allerdings gerade *nicht* durch eine ununterbrochene und annähernd gleichbleibende Wasserschüttung aus, sondern sind stark von den Niederschlägen abhängig. Die im Schweizer Mittelland sehr häufigen, beständig Wasser schüttenden Hangquellen (Typus Porenquelle) lassen sich hingegen nicht mit unterirdischen Hohlräumen erklären. Das Konzept der Karstquelle als Erklärung für diese Quellenvorkommen erweist sich also als Fehlkonzeption und muss bezüglich der Tiefenstruktur – sowohl im geologischen wie im lernpsychologischen Sinn – in Richtung der fachlich richtigen Erkenntnisse umgelernt werden:

ad a): Gestein kann auch wasserdurchlässig sein, wenn es fest oder hart ist. Dies ist nur eine Frage der Betrachtungsdimension: Ein makroskopisch dichter, sich fest und hart anführender Sandstein entpuppt sich unter dem Mikroskop als porös und permeabel.

ad b): Grundwasser befindet sich in den Poren zwischen Kiesgeröllen und Sandkörnern in lockeren Kies- und Sandablagerungen, aber auch in verfestigten Kiesen (= Konglomerate) und Sandsteinen. Da die Poren miteinander verbunden sind, kann das Grundwasser durch den Stein «sickern».

Lernenden das Funktionieren von Hangquellen so verständlich zu machen, dass sie Wissens- und Denkstrukturen aufbauen, die über die intuitiven Konzepte hinausgehen und auf weiterführende Problemstellungen, wie z.B. die Bedeutung von Quellen als Lieferanten für sauberes Trinkwasser, anwendungsfähig sind, ist eine pädagogisch-didaktische Herausforderung, der wir uns im Rahmen des vorliegenden Projektes gestellt haben. Intuitive Konzepte haben eine hohe Glaubwürdigkeit, auch wenn sie fehlerhaft sind, und können nur mit tiefem Lernen verändert werden. Um unzutreffendes intuitives Vorwissen über Quellen umzustrukturieren und fachwissenschaftlich korrektes Quellenwissen aufzubauen und/oder weiterzuentwickeln, hat das interdisziplinäre

Autorenteam (Geowissenschaften/Lernpsychologie) eine Lernumgebung zum Thema «Hangquelle» für das 7. Schuljahr entwickelt, die nach lernpsychologischen Kriterien aufgebaut ist und das Ziel hat, verständnisförderndes Lernen zu unterstützen (Reinfried et al., 2012). Neben diversen anderen Anschauungsmaterialien enthält die Lernumgebung eine erklärende Darstellung in Bild und Wort, im Folgenden «Lehrtext» genannt.<sup>1</sup> Der Lehrtext wird in diesem Beitrag vorgestellt (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2) und die ihm zugrunde liegenden didaktischen Kriterien werden erläutert.

## 2 Lernpsychologische Leitideen

Aus konstruktivistischer Perspektive wird Lernen als Veränderung von Vorwissen gesehen, weshalb die vorunterrichtlichen Schülervorstellungen bei der Konzeption von Unterrichtsmaterial zu berücksichtigen sind. Dementsprechend muss die Sachstruktur für den Unterricht im Rückblick auf die Vorstellungen der Lernenden geplant werden (Kattmann, Duit, Gropengießer & Kormorek, 1997). Wenn Lernangebote so konzipiert werden, dass sie von den Denkschritten, die für das Verständnis nötig sind, ausgehen und tiefes inneres Lernen im Sinne des pädagogischen Konstruktivismus ermöglichen, regen sie zu verstehensorientierter Wissensbildung und problemlösendem Denken an (vgl. Messner & Reusser, 2006). Sie helfen den Lernenden, ihre Interpretationsschemata anzupassen oder neu zu entwickeln. Wissens- und Denkstrukturen, die mit Erfahrungs- und Alltagswissen verknüpft sind und der bewussten Reflexion der Lernenden zugänglich sind, behalten ihre langfristige Beweglichkeit und Stabilität (Reusser, 1995).

## 3 Gestaltung des Lehrtextes

Fehlkonzeptionen können allerdings so stabil sein, dass dargebotene Informationen nur sehr selektiv und verzerrt zur Kenntnis genommen werden und das notwendige Umlernen nicht bewirkt wird. Im Hinblick darauf wurde versucht, die Lernwirksamkeit des Lehrtextes durch spezielle Gestaltungsmassnahmen zu stärken.

### 3.1 Die Lehrtextmakrostruktur «Problemstellung–Sandkastenexkurs–Problemlösung»

Die Bild-Text-Einheit 1 (vgl. Abbildung 1) stellt einen Landschaftsausschnitt in Form eines Blockbildes dar, in dem die geologischen Strukturen unter der Oberfläche nicht abgebildet sind. Dadurch soll eine Frage bzw. ein Problem entstehen: Kann ich mir erklären, warum an gewissen Stellen Wasser aus dem Berg herausquillt, und zwar oft mehrfach auf gleicher Höhe? Wer verspürt, dass sein Wissen dazu nicht ausreicht, realisiert, dass hier ein Problem, ja eigentlich etwas Erstaunliches, Erklärungsbedürftiges vorliegt, d.h. dass tatsächlich echtes Lernen im Sinne der Erweiterung des eigenen Wis-

---

<sup>1</sup> Die Autorin und der Autor danken Dr. Donat Bräm für das Zeichnen der Skizzen.

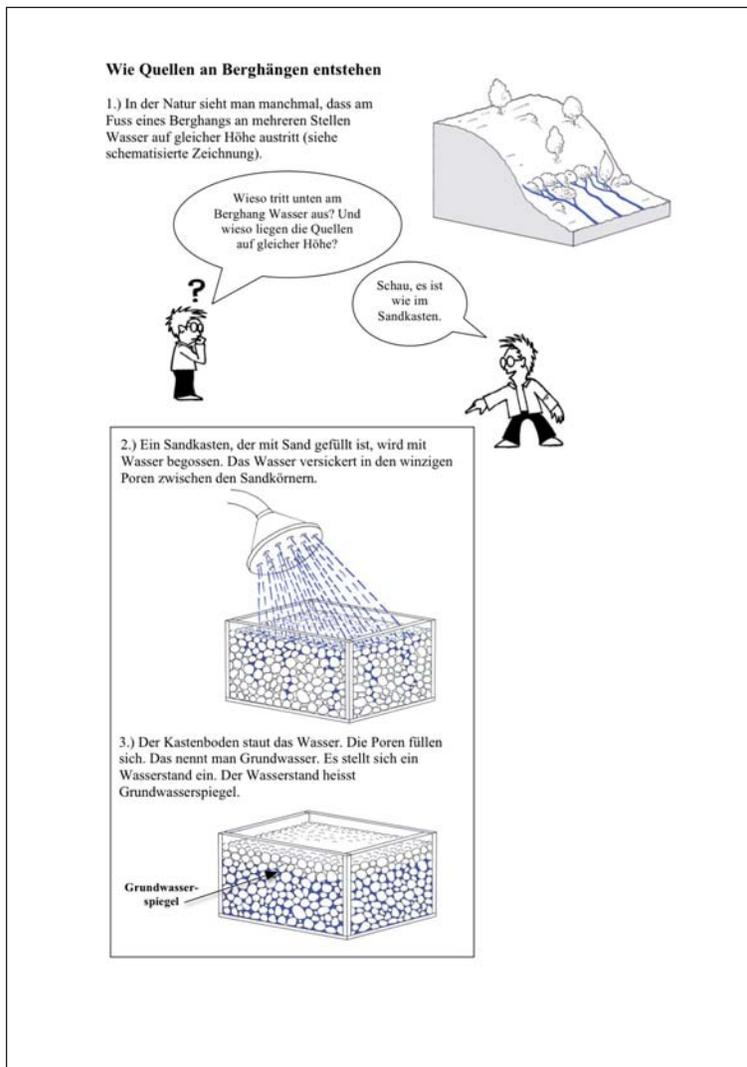


Abbildung 1: Lehrtext zum Funktionsprinzip der Porenquelle in Wort und Bild (Bild-Text-Einheiten 1 bis 3)

sens und Verstehens angesagt ist. So kann dann die Zeichnung in der Bild-Text-Einheit 6 (vgl. Abbildung 2) schliesslich als Lösung des Problems erlebt werden – auch wenn diese Lösung dargeboten und nicht selber gefunden wurde.

## Wo das Quellwasser herkommt

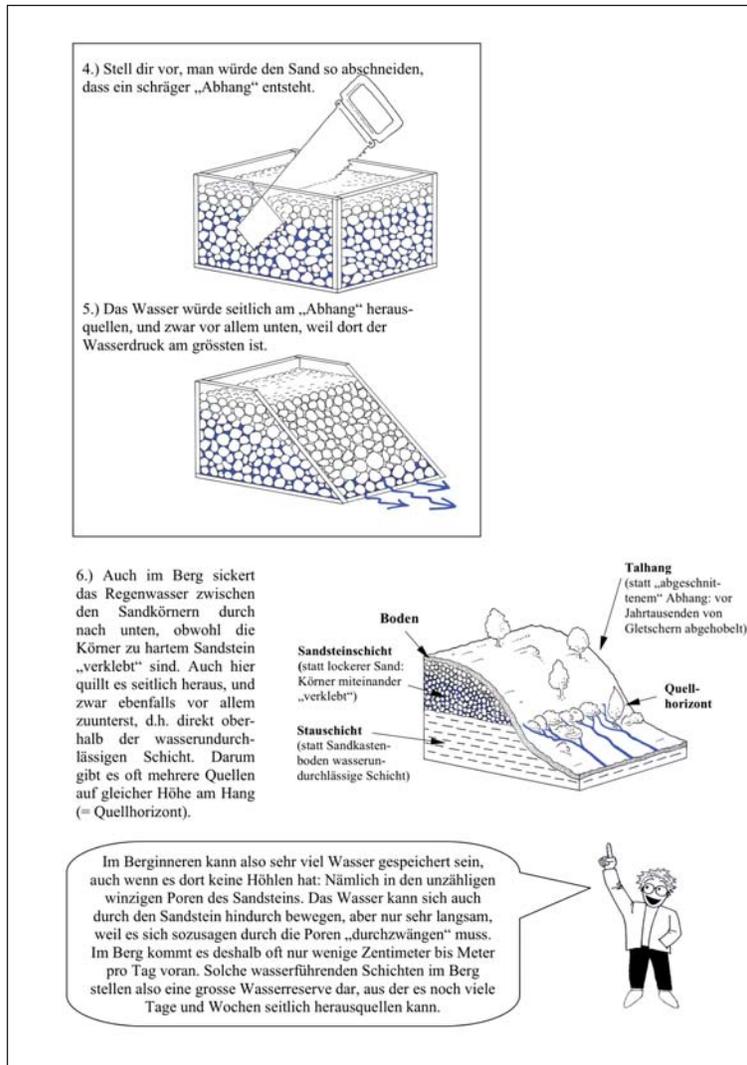


Abbildung 2: Lehrtext zum Funktionsprinzip der Porenquelle in Wort und Bild (Bild-Text-Einheiten 4 bis 6)

### **3.2 Mit der Sandkasten-Analogie an eine «kompatible» Kindheitserfahrung anknüpfen**

Die Analogie zum Sandkasten (Bild-Text-Einheiten 2 bis 5) soll die nötige Überzeugungsarbeit leisten. Sie bringt die konkrete Kindheitserinnerung an ein Bodenmaterial ins Spiel, das Wasser enthalten kann, auch wenn es keine «Höhlen» und «Gänge» aufweist. Auch das seitliche Herausquellen des Wassers, sobald man z.B. mit der Schaufel einen «Abhang» in den feuchten Sand hinabgräbt, gehört zu dieser Kindheitserfahrung. Dieser Bezug begünstigt die kognitive Assimilation der Porenquellentheorie an ein strukturell geeignetes lebensweltlich verankertes Vorwissen und damit gewissermassen an eine «kompatible Tiefenstruktur». Bei der Übertragung des Sandkastenspiels auf die Bergsituation muss das Erosionsgeschehen zeitlich vorverschoben werden, weil in der Natur die wasserdurchlässige Schicht nicht erst nach den Niederschlägen seitlich «geöffnet» wurde. Das seitliche «Absägen» des Sandes zur Schaffung eines Abhangs, *nachdem* das Wasser von oben eingesickert ist (Bild-Text-Einheit 4), ist also fiktiv. Die Aufhebung der künstlichen Trennung der Abläufe beim Vergleich der Bild-Text-Einheiten 1 und 6 verlangt somit gedankliche Beweglichkeit. Auch dadurch wird eine aktive, verständnisorientierte Lernhaltung gefördert.

## **4 Schlussbemerkungen**

Das lernfördernde Potenzial des Lehrtextes liegt in der didaktischen Instrumentierung des zu lernenden abstrahierten Porenquellenkonzepts mit der anschauungsbezogenen Erfahrung, dies auf der Basis des tiefenstrukturellen Ansatzes einer problem- und verstehensorientierten Didaktik. Seine spezifische Wirksamkeit, insbesondere im Hinblick auf die Veränderung von Fehlkonzeptionen, konnte im Rahmen einer videogestützten Analyse der Lernprozesse mit einer kleinen Schülerstichprobe qualitativ-empirisch nachgewiesen werden, wie übrigens auch diejenige der gesamten Lernumgebung (Reinfried & Tempelmann, eingereicht). Nach dem Durcharbeiten des hier publizierten Lehrtextes externalisierten zwölfjährige Lernende korrektes konzeptuelles Wissen und Verständnis für die grundlegenden hydrologischen Zusammenhänge (Reinfried & Tempelmann, in Vorbereitung). Analoge Beobachtungen konnten auch nach dem Durcharbeiten eines Lehrtextes über den Treibhauseffekt, der nach denselben Kriterien konzipiert worden ist, gemacht werden (Reinfried, Aeschbacher & Rottermann, 2012; Reinfried & Tempelmann, 2013). Daraus schliessen wir, dass der Aufbau von Lehrtexten gemäss den hier verwendeten Gestaltungskriterien «Problemorientierung», «handlungsnaher begrifflicher Aufbau», «Anknüpfen an strukturähnlichem Vorwissen» und «Fördern der gedanklichen Beweglichkeit» trotz starker Steuerung des Lernens durch «Belehrung» konstruktivistisches, tiefes Lernen im Sinne von Aebli (1983) fördert.

## Literatur

- Aebli, H.** (1983). *Zwölf Grundformen des Lehrens. Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage*. Stuttgart: Klett.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M.** (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3–18.
- Messner, R. & Reusser, K.** (2006). Aebli's Didaktik auf psychologischer Grundlage im Kontext der zeitgenössischen Didaktik. In M. Baer, M. Fuchs, P. Füglistner, K. Reusser & H. Wyss (Hrsg.), *Didaktik auf psychologischer Grundlage* (S. 52–73). Bern: h.e.p.
- Press, F. & Siever, R.** (1995). *Allgemeine Geologie. Eine Einführung*. Heidelberg: Spektrum.
- Reinfried, S., Aeschbacher, U. & Rottermann, B.** (2012). Improving students' conceptual understanding of the greenhouse effect using theory-based learning materials that promote deep learning. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 21 (2), 155–178.
- Reinfried, S. & Tempelmann, S.** (2013). The impact of secondary school students' preconceptions on the evolution of their mental models of the greenhouse effect and global warming. *International Journal of Science Education*, Online-Publikation vom 21. März. DOI: 10.1080/09500693.2013.773598.
- Reinfried, S. & Tempelmann, S.** (eingereicht). *Mit didaktisch rekonstruiertem Lernmaterial Lernerfolge erzielen – das Beispiel Wasserquellen und Gebirgshydrologie*.
- Reinfried, S. & Tempelmann, S.** (in Vorbereitung). *Mit Lernprozessanalysen die konzeptuelle Entwicklung hydrologischer Vorstellungen rekonstruieren*.
- Reinfried, S., Tempelmann, S. & Aeschbacher, U.** (2012). Addressing secondary school students' everyday ideas about freshwater springs in order to develop an instructional tool to promote conceptual reconstruction. *Hydrology and Earth System Science*, 16 (5), 1365–1377. Online verfügbar unter: <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/13652012/hess-16-1365-2012.html> (27.04.2013).
- Reusser, K.** (1995). Lehr-Lernkultur im Wandel: Neuorientierung in der kognitiven Lernforschung. In R. Dubs & R. Dörig (Hrsg.), *Dialog Wissenschaft und Praxis*. Berufsbildungstage St. Gallen (S. 164–190). St. Gallen: Institut für Wirtschaftspädagogik IWP.

## Autorin und Autor

**Sibylle Reinfried**, Prof. Dr., Pädagogische Hochschule Luzern, Frohburgstrasse 3, 6002 Luzern, [sibylle.reinfried@phz.ch](mailto:sibylle.reinfried@phz.ch)

**Urs Aeschbacher**, Dr., DemoEx GmbH, Via Lavizzari 2, 6600 Locarno, [aeschbacher.dx@sunrise.ch](mailto:aeschbacher.dx@sunrise.ch)