

Warum subjektive Erklärungen von geographischen Phänomenen Sinn machen – Ein Blick in die Denkprozesse eines Schülers

von Sibylle Reinfried, Pädagogische Hochschule Luzern

Abstract

Subjektive Vorstellungen über Phänomene der physischen Welt können sehr stabil sein und sich der Veränderung durch Unterricht widersetzen. Eine Erklärung für die Beständigkeit subjektiver Vorstellungen bietet der Knowledge-in-Pieces-Ansatz (KIP) von Andrea diSessa (1993). Gemäß dem konstruktivistischen Lernverständnis dieses Ansatzes bilden Menschen bei der Interaktion mit der Welt Wissensschemata, sogenannte phänomenologische Primitive (P-Prims). Diese einfachen, allgemein gültigen stabilen Elemente sind stark abstrahierte prototypische Repräsentationen von Erfahrungen und bilden die Grundlage des intuitiven Denkens. Sie werden kontextabhängig mit bestimmten Informationen zu konzeptuellen Wissenssystemen verknüpft, die aus der Sicht des Individuums Sinn ergeben, auch wenn sie aus wissenschaftlicher Sicht nicht kohärent und widerspruchsfrei sind. Da P-Prims unveränderlich sind und viele Erfahrungen, mit denen Menschen ihre Wissensnetze konstruieren, Teil ihrer Biographie sind, verändern sich Vorstellungen nur durch die Verknüpfung von bestehendem Wissen mit neuen kognitiv-affektiven Erfahrungen und durch die Re-Kontextualisierung von bestehenden konzeptuellen Vorstellungen. Der KIP-Ansatz versteht diesen Prozess als Conceptual Change. In der deutschen geographiedidaktischen Forschung wurde der KIP-Ansatz bisher noch nicht für die Analyse von Wissensrepräsentationen verwendet, obwohl er aufgrund der feinkörnigen Analysemethoden, die ihm zugrunde liegen, tiefe Einblicke in die Denkprozesse von Lernenden ermöglicht. Der KIP-Ansatz wird im vorliegenden Beitrag vorgestellt und auf eine Episode aus einem Interviewprotokoll, in der ein Schüler seine Vorstellungen über Wasserquellen erklärt, angewendet. Anschließend wird diskutiert, wie Conceptual Change in Bezug auf den vorgestellten Fall zu verstehen ist. Das Thema Quellen steht in diesem Beitrag exemplarisch für andere Lerngegenstände der physischen Geographie.

Schlachworte: Conceptual Change, Knowledge-in-Pieces-Ansatz, P-Prims, Koordinationsklassen, Hydrologie, Wasserquellen

1 Einleitung

Nach dem konstruktivistischen Lernverständnis ist Lernen gleich Vorstellungsänderung (engl. Conceptual Change). Um naive Vorstellungen durch Unterricht verändern zu können, wäre es hilfreich, genauer zu wissen, wie Vorstellungen konstruiert werden. Man könnte dann besser nachvollziehen, warum subjektive Erklärungen

für Lernende Sinn ergeben, obwohl den Erklärungen der innere Zusammenhang fehlt, und sie in sich widersprüchlich sind. Lernschwierigkeiten könnten somit identifiziert und gezieltere Hilfestellungen gegeben werden. Darüber, wie kognitive Strukturen mental repräsentiert sind, welche Veränderungen des konzeptuellen Systems als Conceptual Change zu bezeichnen sind und welche kognitiven Mechanismen dem Conceptual Change zugrunde liegen, sind sich Conceptual-Change-Forscher nicht einig. In der naturwissenschaftlichen Lernforschung trifft man am häufigsten auf zwei Ansätze: die *Framework Theory* oder Rahmentheorie (VOSNIADOU & BREWER 1994; VOSNIADOU 2002; CHI & ROSCOE 2002) und den Ansatz des *Knowledge-in-Pieces* oder Fragmentierungsansatz (DISSA 1993). Beide Ansätze erwachsen aus der sich auf Piaget beziehenden konstruktivistischen Tradition, wonach Denk- und folglich Lernprozesse als Interpretationen von Phänomenen in der Welt auf der Basis von vorhandenem Wissen und Erfahrungen konzeptualisiert werden. In Reinfried (2015a) werden die beiden Ansätze einander gegenübergestellt und die unterschiedlichen Positionen herausgearbeitet.

Dieser Studie liegt der Ansatz des *Knowledge-in-Pieces* (KIP) zugrunde, mit dem Erklärungen, die Schülerinnen und Schülern über die Struktur und das Funktionieren von Wasserquellen konstruieren, analysiert werden. Der KIP-Ansatz ermöglicht eine feinkörnige Analyse von Wissensstrukturen und lässt Schlussfolgerungen darüber zu, warum subjektive Vorstellungen verändert werden oder auch nicht. Der KIP-Ansatz wird im Rahmen der hier diskutierten Fallstudie erstmals in der geographiedidaktischen Forschung ausführlich diskutiert und auf hydrologisches Wissen angewendet.

Der KIP-Ansatz geht davon aus, dass Laien spontan und situationsspezifisch Erklärungen konstruieren, die nicht mit Theorien im wissenschaftlichen Sinn vergleichbar sind. Die Konzeptionen von Laien werden als ein lockeres Gefüge vieler elementarer kognitiver Einheiten gesehen, die fragmentiert und hochgradig kontextualisiert sind (DISSA 2002; DISSA 2008). Der Denkprozess wird gesteuert durch phänomenologische Primitive oder P-Prims (*phenomenological primitives*), worunter vorkonzeptuelle Elemente verstanden werden, die nicht kohärent organisiert, sondern quasi-unabhängig sind und kontextabhängig zusammengefügt werden. Den P-Prims liegen kognitive und sensumotorische Schemata zugrunde, die häufig in frühester Kindheit erworben werden, verkörpert sein können, aber nicht müssen, und Bestandteil unseres Weltwissens sind. Man könnte sie als die Urformen des Denkens bezeichnen, was in dem Begriff „Primitive“ zum Ausdruck gebracht werden soll. Sie werden als Ganzes aktiviert und benötigen keine weiteren Erläuterungen oder Begründungen. P-Prims sind die Grundlage des intuitiven und mechanistischen Denkens, werden durch Stichworte, Assoziationen, Sinnesreize und andere Auslöser schnell aktiviert und leiten unsere Denkprozesse unbewusst. Sie sind unveränderbar, weil sie Teil unserer Biographie, ja unseres Menschseins, sind.

P-Prims helfen dem Individuum zu erklären, warum etwas so ist, wie es ist, bzw. wie etwas funktioniert. Erklärungen, die zu P-Prims passen, werden von Individuen als plausibler angesehen als andere Erklärungen. Ein Beispiel für ein gut nachvollziehbares P-Prim ist das von diSessa (1993) so genannte „Ohms-P-Prim“. Es beinhaltet die Vorstellung „je mehr Anstrengung, desto grösser die Wirkung“ und wird auf alle möglichen Situationen angewendet, auch auf wissenschaftliche Phänomene, die man damit aber nicht erklären kann.¹ Andere, von diSessa (1993) identifizierte P-Prims sind z. B. „ein Einfluss übertrifft einen anderen“ (*overcoming*) oder „Veränderungen brauchen Zeit“ (*changes take time*). Die Konstruktion von Erklärung über die Phänomene der Welt aufgrund solcher intuitiver und subjektiver Wissens Elemente führt zu Ideen, die gemeinhin als Fehlvorstellungen bezeichnet werden.

Im Kontext der verschiedenen Conceptual-Change-Ansätze spielt die Frage, was unter einem Konzept zu verstehen ist und wie Konzepte gebildet werden, eine grosse Rolle. Mit Konzept ist hier der engl. Begriff *concept* in seiner Bedeutung als Wissensnetz, das durch eine Bündelung von Eigenschaften charakterisiert wird, gemeint. In der Literatur finden sich verschiedene Theorien über die Natur von Konzepten (vgl. z. B. CAREY 1988; MAGNUSSON, TEMPLIN & BOYLE 1997; RUMELHARDT, SMOLENSKY, HINTON & MCCLELLAND 1986). diSessa (1996) stellt im Gegensatz zu anderen Forschern (z. B. CAREY 1988) nicht die Knoten, d. h. die Kategorien, die ein Wissensnetz bilden, ins Zentrum, sondern systematisch miteinander verbundenen Wege oder Möglichkeiten, mit denen Informationen über die Welt gewonnen werden. Er versteht unter einem Konzept ein komplexes, dynamisches, emergentes System aus systematisch miteinander verbundenen, aufeinander abgestimmten (= koordinierten) Bestandteilen und bezeichnet Konzepte folglich als Koordinationsklassen (*coordination classes*) (diSESSA & SHERIN 1998). Konzepte sind demnach aus Wissens Elementen emergierende Strukturen, die andere oder neue Eigenschaften haben, als ihre Ausgangselemente. Die Strukturen sind dynamisch in dem Sinne, dass ein Individuum dasselbe Konzept in verschiedenen Anwendungssituationen jeweils nicht vollständig identisch reproduziert.

Koordinationsklassen befähigen einen Menschen, sich unter einem Konzept etwas vorzustellen, es zu „sehen“. Gemäss dem Koordinationsklassen-Modell ist bei der Anwendung ein und desselben Konzepts in verschiedenen Situationen unterschiedliches Wissen involviert. P-Prims selbst sind nicht Konzepte, aber Bestandteile der Koordinationsklassen (s. Tab. 1). Sie werden situationsspezifisch aktiviert und

¹ Kapon & Parnafes (2014) haben den KIP-Ansatz erweitert, in dem sie das Konstrukt der *explanatory primitives* (E-Prims) entwickelt haben. Während sich die P-Prims auf abstrahierte Erfahrungen mit der physischen Welt beziehen, sind E-Prims für sich selbst sprechende Erklärungseinheiten („so wie die Dinge halt sind“), die aus sozialen Interaktionen, der Sprache (Metaphern) oder expliziter Instruktion resultieren. Da E-Prims immer auch P-Prims enthalten, werden P- und E-Prims im Folgenden der Einfachheit halber zusammengefasst und es wird nur von P-Prims gesprochen.

haben eine koordinierende Funktion, wenn es darum geht ein Phänomen zu verstehen. Andere Komponenten der Koordinationsklassen, die strukturierende Funktionen haben, sind Auslesestrategien (*readout strategies*) und kausale Netze (*causal nets*, auch *inferential nets* genannt). Auslesestrategien sind Methoden der Informationsgewinnung aus der Welt durch selektive Wahrnehmung. Bei der Entwicklung von Koordinationsklassen spielen zwei Anwendungsausprägungen der Auslesestrategien eine grosse Rolle (DISSA & SHERIN 1998):

(1) Integration: Situationsspezifisch werden verschiedene Beobachtungen gesammelt, ausgewählt und kombiniert, um ein Phänomen, das man „sieht“ (d. h. selektiv wahrnimmt, lernt), zu erfassen.

(2) Invarianz: Dasselbe Phänomen wird durch Beobachtungen in verschiedenen Situationen wahrgenommen.

Die zweite Komponente der Koordinationsklassen, die kausalen Netze, enthalten das Vorwissen und Denkstrategien, mit denen bestehendes und neues Wissen verknüpft wird, Schlussfolgerungen gezogen und Prognosen getroffen werden.

Tab. 1: Die Bestandteile einer Koordinationklasse gemäß dem KIP-Ansatz (DISSA & SHERIN 1998)

Koordinationsklasse (<i>coordination class</i>)	Beschreibung
P-Prims (<i>phenomenological primitives</i>)	Sind einheitliche, implizite, nicht verbale Schemata, die nach subjektiven Kriterien miteinander verknüpft werden und das Denken bestimmen.
Auslesestrategien (<i>readout strategies</i>)	Betreffen die Art und Weise, wie Menschen ihre Aufmerksamkeit bündeln, um miteinander in Beziehung stehende Informationen aus der Welt herauszulesen. Sie dienen dem Erfassen von Bedeutung, dem Wahrnehmen, Selektionieren oder Bestimmen von Informationen über ein Konzept oder seine charakteristischen Eigenschaften in den verschiedenen, reichhaltigen Situationen des Lebens und der Welt.
Kausale Netze (<i>causal</i> oder <i>inferential nets</i>)	Beinhalten Wissens Elemente und Denkstrategien, mit denen Beziehungen zwischen den Wissens Elementen aus dem Vorwissen und neuen Wahrnehmungen geknüpft und Schlussfolgerungen in Bezug auf eine konkrete Sache gezogen werden.

Ein Konzept wird erworben, in dem je nach Situation bestimmte P-Prims aktiviert und zu den P-Prims passende Informationen subjektabhängig mittels Auslesestrategien selektiv wahrgenommen werden, wodurch aus der Fülle an verfügbaren Informationen nur bestimmte Attribute, die das fragliche Konzept kennzeichnen, aufgewonnen und verknüpft werden. Diese Beobachtungen werden einander auf der Basis von Vorwissen zugeordnet und Schlussfolgerungen daraus gezogen. Auslesestrategien und kausale Netze stehen in Wechselwirkung miteinander und entwickeln sich gleichzeitig in Lernsituationen. diSessa & Sherin (1998, S. 1186) vermuten, dass im Fach Physik die meisten Lernschwierigkeiten beim Conceptual Change auf unzureichende kausale Netze zurückzuführen sind, was sich darin zeigt, dass Schlussfolgerungen von Laien zumeist auf naivem mechanistischem Denken beruhen.

Beim Conceptual Change geht es darum, P-Prims kontextabhängig korrekt zu aktivieren und neue Koordinationsklassen zu bilden, wobei bestehende Auslese- und Denkstrategien, also die Wege mit denen Informationen gewonnen werden, weiterentwickelt, reorganisiert oder neu gelernt werden müssen. Lernen ist demnach die konzeptuelle Entwicklung im Sinne einer Reorganisation und Re-Kontextualisierung der Elemente des individuellen Wissensrepertoires eines Lernenden. Durch das Hinzukommen von neuen Wissensselementen (Anreicherung) und das Bilden von neuen Verknüpfungen (Umstrukturieren) wird das Vorwissen kohärenter und plausibler und kann schließlich auch kontextspezifisch angewendet werden (vgl. Abb. 1). Um zu verstehen, auf welche Wissensselemente die Lernenden bei ihrer Wissenskonstruktion zurückgreifen, ist für diSessa (2014) ein feinkörniger Analysemaßstab entscheidend. Erst durch eine sehr feinkörnige Analyse der Wissensstrukturen kann verstanden werden, wie Lernende ihre Vorstellungen konstruieren, wie verschiedene Bestandteile ihres Wissensnetzes zusammenwirken und warum sie ihr Wissensnetz verändern oder auch nicht.

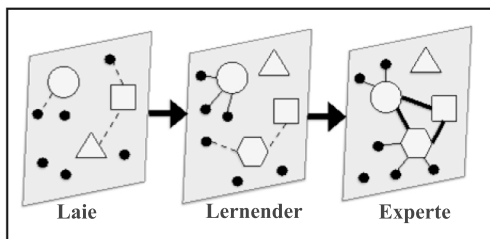


Abb. 1: Schematisierte Darstellung der Wissensentwicklung vom Laien zum Experten (nach diSessa 2002, verändert). Im Laienwissen sind Wissensselemente, die aus wissenschaftlicher Sicht nicht zusammengehören, miteinander verknüpft. Das Laienwissen verändert sich im Lernprozess allmählich, indem neue Wissensselemente dazu kommen und neue Verknüpfungen gebildet werden, wodurch das zu lernende Konzept kohärenter und plausibler und dem Expertenwissen angeglichen wird.

2 Problemstellung, Methode und Instrumente

Das Ziel dieser Studie ist es zu überprüfen, ob sich die konzeptuelle Struktur von externalisierten Schülervorstellungen über Wasserquellen mit dem KIP-Ansatz sinnvoll beschreiben lässt. Dazu werden die Elemente, die eine Koordinationsklasse umfassen, in Schüleräusserungen identifiziert und das Zusammenwirken der verschiedenen Komponenten wird analysiert. Ausgewertet wird eine Episode aus einem Interview mit einem Schüler, das aus einer umfangreichen Sammlung von Daten stammt, die erhoben wurden, um einen allgemeinen Einblick in Schülervorstellungen über Wasserquellen zu gewinnen (REINFRIED, TEMPELMANN & AESCHBACHER 2012). Der Datensatz besteht aus Interviews und beschrifteten Zeichnungen von 13- bis 14-jährigen Lernenden einer 8. Klasse, die darüber befragt wurden, wie sie sich die Entstehung von Wasserquellen vorstellen. Die Schülerinnen und Schüler hatten das Thema Grundwasser und Quellen bis zum Erhebungszeitpunkt im Unterricht noch nicht behandelt. Die beschrifteten Zeichnungen waren eine Woche vor den Interviews erstellt worden, sodass es möglich war, die Interviewfragen individuell für jeden Lernenden in Abhängigkeit von dessen persönlichen externalisierten Vorstellungen zu entwickeln. Die halbstandardisierten Interviews entsprachen dem Typ des klinischen Interviews nach Piaget. Ein Interview dauerte im Schnitt zehn Minuten pro Schülerin oder Schüler. Die Interviews wurden videografiert und transkribiert. Ein Fall aus diesem Datensatz, der des 14-jährigen Schülers Max, wird hier exemplarisch und ausschnittsweise vorgestellt. Die Episode aus dem Interview mit Max wurde ausgewählt, weil er naives, aber reichhaltiges und komplexes Wissen externalisiert, dessen Analyse tiefere Einblicke in seine Wissenskonstruktion verspricht.

Methodisch wird der qualitative Ansatz der mikrogenetischen Fallstudie, konkret die von PARNAFES & DISESSA (2013) beschriebene mikrogenetische Lernanalyse, verwendet, mit der sich in kurzen Zeiträumen veränderndes Wissen erforschen lässt. Die spezifische Form der Analyse kann als *schema tracking* bezeichnet werden, was bedeutet, dass Wissensschemata, die die Lernenden benutzen, identifiziert werden, mit dem Ziel, das „Kommen und Gehen“ der Wissensschemata und ihre Veränderungen (z. B. ihre Zusammensetzung) zu verstehen (DISESSA 2014). Konkret heisst dies, dass die konzeptuelle Entwicklung der Vorstellungsbilder der Lernenden über ihre sprachlichen und schriftlichen Äusserungen feinkörnig, d. h. in kleinsten beobachtbaren Zeiteinheiten und mit hoher konzeptueller Auflösung, also mittels des Erfassens feinsten Bedeutungsunterschiede, untersucht wird, um detaillierte relevante Informationen zu erhalten. Wie meist bei qualitativen Studien, dienen auch die Ergebnisse der hier vorgestellten Fallstudie der weiterführenden Hypothesenbildung.

Um die Quellenkonzepte der Lernenden im Sinne des KIP-Ansatzes zu beschreiben,

- werden P-Prims in den Schüleräusserungen identifiziert. Hierfür wird eine Liste mit Heuristiken zur Identifikation von P-Prims von Andrea diSessa verwendet (1993, S. 211 ff). Diese P-Prims sind in verschiedenen Studien mehrfach bestätigt und ergänzt worden (HAMMER 2004; HAMMER, ELBY, SCHERR & REDISH 2005; MESTRE, THADEN-KOCH, DUFRESNE & GERACE 2004; PARNAFES 2007; PARNAFES & diSESSA 2013; diSESSA & SHERIN, 1998; SHERIN, KRAKOWSKI & LEE 2012; THADEN-KOCH, DUFRESNE & MESTRE 2006; WAGNER 2006).
- werden alle subjektbezogene Wahrnehmungen, die im weitesten Sinne mit den externalisierten Quellenvorstellungen in Zusammenhang gebracht werden können, identifiziert.
- werden Schlussfolgerungen, die die Lernenden aus der Verknüpfung von P-Prims und spezifischen Wahrnehmungen, die für ihr Quellenverständnis relevant sind, ziehen, diagnostiziert. Ebenso werden damit in Zusammenhang stehende Prognosen, die die Lernenden bezüglich des Funktionierens von Quellen treffen, identifiziert.

Die Datenanalyse erfolgte in einem iterativen Prozess durch einen geschulten wissenschaftlichen Mitarbeiter und die Autorin.

3 Die Fallstudie

Im Folgenden wird der Interviewausschnitt mit dem 14-jährigen Schüler Max wiedergegeben. Die nach den Antworten in Klammern stehenden Zahlen 1-5 kennzeichnen die identifizierten P-Prims. Sie liegen den Aussagen häufig implizit zugrunde. Die in Klammern stehenden Buchstaben a-f bezeichnen identifizierte quellenrelevante Wahrnehmungen aus der Welt und A-C Schlussfolgerungen, die aus den verknüpften Wissenselementen gezogen werden. Ermittelt wurde in Max' Äusserungen auch eine Prognose (D) hinsichtlich des Funktionierens von Quellen (vgl. Tabelle 2).

3.1 Analyse der Episode aus dem Interview

(I = Interviewer, M = Max; Zahlen von 1-5 = P-Prims, Buchstaben von a-f = Wahrnehmungen aus der Welt, A-D = Schlussfolgerungen und Prognose)

I: Du hast hier gezeichnet (vgl. Abb. 2), wie deiner Meinung nach eine Quelle entsteht. Bitte erkläre auch noch in eigenen Worten, wie du dir das vorstellst.

M: Es regnet und dann sickert das Wasser durch (a), in eine Höhle oder so (b, c, A), und dann gibt es dort vielleicht irgendwann einmal Überdruck (B) und dann spritzt es halt wieder heraus, bei der Quelle (d, e).

I: Wie bildet sich denn deiner Meinung nach ein unterirdischer See überhaupt im Untergrund?

M: Weil es vielleicht irgendwie einfach Steine hat, wo das Wasser nicht mehr durch kommt (b) und dann sammelt das sich halt dort an (1, 2).

I: Woher kommt denn das Wasser, dass sich hier im unterirdischen See sammelt?

M: Vom Regen, der durchsickert (a) und dann gibt es einen See (A).

I: Also, wo sickert der Regen durch?

M: Durch die Erde da (1, b).

I: Und wieso bleibt denn das Wasser im unterirdischen See und versickert hier nicht weiter in die Umgebung?

M: Ja, weil es da irgendwie Steine oder so hat, wo es nicht mehr weiter kommt (1, b).

I: Was passiert denn mit dem unterirdischen See, wenn kein Wasser nachgeliefert wird?

M: Dann geht die Quelle aus oder so (D).

I: Also, trocknet aus oder versiegt?

M: Ja.

I: Du hast gezeichnet, dass das Wasser nach oben steigt. Wie durchdringt es denn hier den Untergrund?

M: Ehm, mit Überdruck schiebt es einfach die Erde auf die Seite oder treibt sich langsam hoch (3, 4, 5, C).

I: Schafft sich quasi selber einen Durchgang?

M: Ja.

I: Und der Überdruck, wie entsteht denn der?

M: Ja, wenn immer mehr Wasser herein kommt, dann wird es halt immer mehr Druck und dann, ja (2, B).

I: Kennst du irgendein Beispiel aus der Natur oder deinem Alltag, wo du so etwas schon einmal beobachtet hast?

M: Ehm, nein aber - also so Fontänen vielleicht (f).

I: Fontänen? Du denkst vielleicht jetzt an Geysire?

M: Ja, genau.

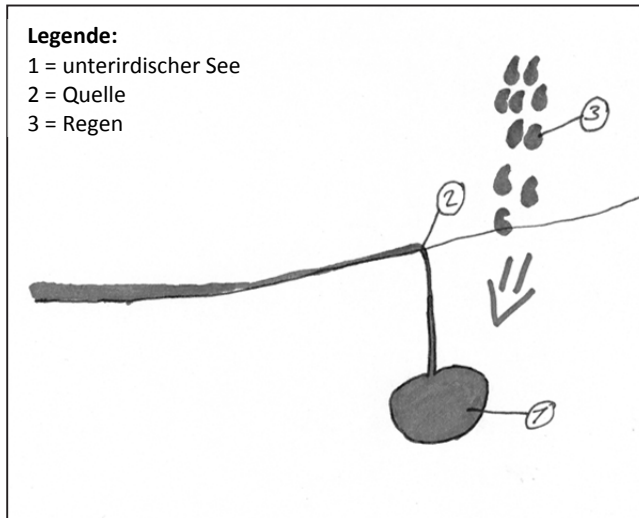


Abb. 2: Vorstellung des 14-jährigen Schülers Max zur Entstehung einer Quelle (REINFRIED, TEMPELMANN & AESCHBACHER 2012).

Max hat in der Natur beobachtet, dass Regen versickert. Aufgrund seiner Erfahrung weiss er, dass manche Materialien Flüssigkeiten blockieren, andere hingegen Flüssigkeiten durchlassen (P-Prim 1). Dieses intuitive Wissen wird auf den Untergrund übertragen. Danach lässt Erde Regen durch, Gestein aber nicht, weshalb im Gestein ein Hohlraum notwendig wird, um das versickernde Wasser aufzunehmen. Da Flüssigkeiten Raum einnehmen (P-Prim 2), muss der Hohlraum ein so großes Volumen aufweisen, dass man ihn makroskopisch erkennen kann, wie dies z. B. bei einer (Tropfstein-)Höhle, in der sich Wasser sammeln kann, der Fall ist. Der Hohlraum wird als geschlossene Einheit gedacht, in die aber ständig Versickerungswasser nachfließt, so dass die Schlussfolgerung gezogen werden kann, dass das Höhlenwasser mit der Zeit unter Druck gerät und es irgendwann aus dem Untergrund gegen die Schwerkraft austreten muss. Die Austrittsstelle ist die Quelle.² Max weiß,

² Ein Quellentyp, bei dem Grundwasser unter Druck gegen die Schwerkraft aufsteigt, ist die artesishe Quelle. Sie kann sich bilden, wenn Grundwasser in einem Aquifer zwischen zwei Stauschichten eingestaut wird und damit „gespannt“ ist, wobei die Schichtlagerung nicht horizontal, sondern senkenförmig verlaufen muss. Die wasserstauende Schicht über der grundwasserleitenden Schicht verhindert, dass der Grundwasserspiegel ansteigen kann. Da im Untergrund aber stetig Grundwasser in den Aquifer nachfließt, entsteht ein hoher Wasserdruck. Wenn der Grundwasserdruckspiegel über der Erdoberfläche liegt, kann das Grundwasser als artesishe Quelle zutage treten. Der Austritt erfolgt entlang von Verwerfungen im überlagernden Gestein. Artesische Quellen können fontänenartig austreten. Max's Vorstellung enthält jedoch außer dem Aufsteigen von Grundwasser gegen die Schwerkraft und dem fontänenartigen Wasseraustritt keines dieser Elemente.

dass Quellwasser versickertes Regenwasser ist (und nicht juveniles Wasser aus dem Erdinneren, was z. B. einer seiner Mitschüler vermutete) und kann deshalb prognostizieren, dass die Quelle bei ausbleibendem Regen versiegen wird. Das unter Druck stehende Wasser hat für ihn Kraft (Druck = Kraft) und ist in die Lage, Erde wegzuschieben (P-Prim 3). Unklar ist, ob er mit Erde die Materialien der Erdkruste im Allgemeinen meint, oder wirklich das Lockermaterial Boden, denn die Höhle liegt nach seinen Aussagen „in Steinen“ (gemeint ist Gestein). Dem Wegschieben von Substrat durch Wasser liegt das P-Prim „ein Einfluss übertrifft einen anderen“ (P-Prim 4) zugrunde. Bis sich dieser Prozess entfalten kann, dauert es eine Weile, bis verschiedene Voraussetzungen erfüllt sind, z.B. bis ein ausreichender Druck aufgebaut ist (P-Prim 5). Er wiederholt seine Erklärung für den Überdruck, die auf dem P-Prim „Flüssigkeiten nehmen Raum ein“ und dem Wissen, dass Wasser in einem geschlossenen Behälter (z. B. einem Rohr oder Schlauch) unter Druck steht, wenn ständig Wasser nachfließt, beruht. Durch die Frage des Interviewers, ob sein Quellenkonstrukt in der Natur eine Entsprechung hat, verweist er auf die Analogie der Fontäne.

3.2 Ergebnisse und Interpretation

Die im Interviewausschnitt analysierten P-Prims, die mittels subjektiver Auslesestrategien gewonnenen kontextbezogenen Wahrnehmungen sowie die aus der Verknüpfung dieser Wissens Elemente gezogenen Schlussfolgerungen mit einer Prognose bezüglich des Funktionierens einer Quelle werden in Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 2: P-Prims, quellenrelevante Wahrnehmungen und deren Verknüpfung

P-Prims		Erläuterung
1	Materialien blockieren oder lassen durch	Beobachtung und/oder Erfahrung, dass verfestigte Substanzen (wie harte Erde) kein Wasser durchlassen (blockieren, abhalten), während lockere Substanzen (wie Sand) Wasser durchlassen (<i>blocking and transmission</i> , HAMMER 2004, S. 12).
2	Flüssigkeiten nehmen Raum ein	Gedankliche Vorstellung, dass Flüssigkeiten Platz beanspruchen. Wenn man diesen verkleinert, läuft die Flüssigkeit über (<i>fluids take up space</i> , HAMMER 2004, S. 8).
3	Bewegung (z. B. von Flüssigkeiten) beinhaltet Kraft	Unbelebte, bewegte Objekte, die andere Objekte bewegen können, verfügen über Kraft (<i>force as a mover</i> , diSESSA 1993, S. 217; und HAMMER 1996, S. 103).

4	Ein Einfluss übertrifft einen anderen	Das Beschreiben von Zusammenwirken von Kräften oder Einwirkungen, bei dem eine Kraft/ein Einfluss über den anderen gewinnt und das vom Gewinner beabsichtigte Resultat erreicht wird. Überwindung beinhaltet auch Bewegung (<i>overcoming</i> , DiSESSA 1993, S. 222).
5	Veränderungen brauchen Zeit	Veränderungen brauchen Zeit um sich voll zu entfalten (<i>changes take time</i> , DiSESSA 1993, S. 219).
Mittels Auslesestrategien gewonnene kontextbezogene Wahrnehmungen		
a	Regen versickert.	
b	Erde ist durchlässig, Steine (= umgangssprachlich für Gestein) sind undurchlässig.	
c	Es gibt unterirdische Höhlen, in denen sich Wasser sammelt.	
d	Regen kommt als Quellwasser wieder an die Erdoberfläche.	
e	Ausfließendes Wasser (z. B. aus einem Schlauch, einer Röhre) kann unter Druck stehen.	
f	Bei Fontänen oder Geysiren spritzt Wasser mit Druck aus dem Boden.	
Beziehungen im kausalen Netz		
Schlussfolgerungen		
A	Wasser kann im undurchlässigen Stein nur in großen Hohlräumen vorkommen.	
B	Das Hohlraumwasser gerät wegen des nachfließenden Wassers unter Druck.	
C	Durch Ausübung von Druck (= Kraft) auf den Untergrund („schiebt Erde weg“) schafft sich das Wasser einen Austritt.	
Prognose		
D	Bei nachlassender Wasserzufuhr trocknet das Wasserreservoir (der unterirdische See) und somit die Quelle aus.	

Max's Wissen kann gut mit dem KIP-Ansatz beschrieben werden. Es besteht aus Wissensfragmenten, die nicht widerspruchsfrei miteinander verknüpft sind, und es ist hochgradig kontextualisiert. Sein Quellenkonzept ist ein gutes Beispiel für eine Koordinationsklasse: Die in der Welt wahrgenommenen Informationen werden durch P-Prims, die situationsspezifisch aktiviert werden, koordiniert und systematisch miteinander verbunden, wodurch eine Vorstellung entsteht, die als komplexes, dynamisches und emergentes System beschrieben werden kann, welches er als Quelle bezeichnet: In hartes und deshalb wasserundurchlässiges Gestein dringt Regenwasser ein, das dort dank eines Hohlraums gespeichert werden kann. Dieser füllt sich kontinuierlich, wodurch das gespeicherte Wasser unter Druck gerät und sich einen Weg nach draußen verschafft. Dies belegt die sichtbare Tatsache, dass Quellwasser an der Erdoberfläche austritt. Wegen des Drucks, unter dem es steht,

kann es herausspritzen, was man z. B. bei Fontänen oder Geysir sehen kann. Seine Erklärung, wie eine Quelle funktioniert, ist intuitiv-mechanistisch.

Max' Vorstellung ist so strukturiert, dass verschiedene Ideen unspezifisch miteinander verbunden sind, was man als subjektive, relationale Kohärenz bezeichnen könnte. Die Vorstellung ermöglicht eine Erklärung dafür, warum in einer Quelle Wasser aus dem Untergrund austritt und wie dies funktioniert. Aus wissenschaftlicher Sicht ist seine Vorstellung jedoch inkohärent, da sie nicht erklären kann, wie das Versickerungswasser durch das undurchlässige Gestein in die Höhle gelangt. Dieser Widerspruch wird nicht thematisiert und es bleibt unklar, ob er ihm aufgefallen ist. In seiner Zeichnung umschiffte er dieses Problem, indem er nicht genau zeichnet, wie der Regen zur Höhle gelangt, sondern dies nur mit einem Pfeil andeutet.

3.3 Diskussion

Mit dieser Studie sollte überprüft werden, ob die konzeptuelle Struktur von externalisierten Schülervorstellungen über Wasserquellen mit dem KIP-Ansatz sinnvoll beschrieben werden kann. Am Beispiel des 14-jährigen Schülers Max, der über kein quellenrelevantes Fachwissen verfügt, wurde rekonstruiert, dass durch eine Frage, wie jene nach seiner Quellenvorstellung, bestimmte P-Prims aktiviert werden. Die P-Prims koordinieren bestimmte Informationen aus dem Vorwissen, die aus der Fülle an im Gedächtnis verfügbaren Informationen herausgelesen werden und die jene charakteristischen Attribute aufweisen, die das subjektive Quellenkonzept des Schülers kennzeichnen. In der so konstruierten Erklärung passt eine Idee zur anderen, wodurch die Erklärung widerspruchsfrei erscheint und plausible Schlussfolgerungen zulässt. Aus der Perspektive von Max ist sein Quellenkonzept stimmig. Es als Fehlvorstellung zu bezeichnen, wäre unangemessen. Besser wäre es, seine Erklärung ‚Illusionen des Verstehens‘ zu nennen.

In Anlehnung an diSessa & Sherin (1998, S. 1186) kann vermutet werden, dass auch in der physischen Geographie die Lernschwierigkeiten beim Conceptual Change im kausalen Netz liegen. Die vorkonzeptuellen P-Prims, die zumeist schon in der frühen Kindheit gebildet werden, gehören ebenso wie das erworbene Weltwissen zur Lebensgeschichte eines Menschen. Wie sie miteinander verknüpft und welche Schlussfolgerungen daraus gezogen werden, ist streng subjekt- und kontextabhängig. Daraus ergibt sich – und das zeigt auch die hier vorgestellte Analyse – dass Conceptual Change nicht das Auslöschen von Vorstellungen oder das Umordnen einiger bestehender Ideen sein kann, sondern dass Conceptual Change die Bildung von bedeutungshaltigeren mentalen Repräsentationen ist. Gemäß dem KIP-Ansatz geschieht dies dadurch, dass:

- bestehendes Wissen mit neuen kognitiv-affektiven Erfahrungen (die auch Wissen einschließen) kontrastiert und/oder verknüpft wird und
- bisherige Vorstellungen über ein Phänomen re-kontextualisiert werden.

Bezogen auf die Vorstellungen von Max ergeben sich daraus folgende Überlegungen: Dass harte Materialien undurchlässig, weiche hingegen durchlässig sind, stimmt in vielen Fällen des Alltags. Ebenso ist es eine Tatsache, dass Flüssigkeiten Raum einnehmen. In Bezug auf Gestein stimmen diese Alltagserfahrungen jedoch nur zum Teil. Hartes Gestein, das dicht aussieht, kann durchaus wasserdurchlässig sein und sogar große Mengen Wasser speichern. Dazu sind keine große makroskopisch sichtbare Hohlräume nötig; es genügen unzählige mikroskopisch kleine, miteinander verbundene Poren im Gestein, die zusammengekommen einen großen ‚Raum‘ (ein Porenvolumen) ergeben. Es stimmt auch, dass Wasser in der geführten Struktur eines Schlauchs gegen die Schwerkraft aufsteigen kann und dass aus einem Schlauch Wasser unter Druck herausspritzt. In Gelände, das nur schon geringfügige Höhenunterschiede aufweist, muss Grundwasser jedoch nicht gegen die Schwerkraft aufsteigen, um aus dem Untergrund auszutreten. Bei geeigneter geologischer Lagerung der Gesteine „tröpfelt“ es einfach aus dem Hang.

Um die hier dargestellten, in Laienvorstellungen häufigen vorkommenden Hohlraumvorstellungen zu verändern, wurde Lernmaterial entwickelt, mit dem neue kognitiv-affektive Erfahrungen gemacht werden können und mit dem das Thema Quellen in anderen Kontexten erlebt werden kann (REINFRIED 2015b; REINFRIED, AESCHBACHER, KIENZLER & TEMPELMANN 2013). Ein Ausschnitt aus diesem Lernmaterial wird in diesem Band in einem gesonderten Beitrag der Autorin unter „Beiträge des Schülerlabors“ beschrieben.

Dank

Ich danke Herrn Roland Künzle vom Institut für Lehren und Lernen der Pädagogischen Hochschule Luzern für seine Mitarbeit bei der Analyse des Schülerinterviews.

Literatur

- CAREY, S. (1988). Reorganization of knowledge in the course of acquisition. In S. Strauss (Ed.), *Ontogeny, Phylogeny, and Historical Development* (S. 1-27). Norwood, NJ: Ablex.
- CHI, M. T. H. & ROSCOE, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice* (S. 3-27). Dordrecht: Kluwer.

- DISSA, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2/3), 165-255.
- DISSA, A. A. (1996). What do 'just plain folk' know about physics? In D. R. Olson & N. Torrance (Eds.), *The Handbook of Education and Human Development: New Models of Learning, Teaching, and Schooling* (S. 709-730). Oxford: Blackwell.
- DISSA, A. A. (2002). Why „Conceptual Ecology“ is a good idea. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change* (S. 29-60). Dordrecht: Kluwer.
- DISSA, A. A. (2008). A bird's-eye view of the “Pieces” vs. “Coherence” controversy (from the “Pieces” side of the fence). In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 35-60). New York, NY: Routledge.
- DISSA, A. A. (2014). The construction of causal schemes: Learning mechanisms at the knowledge level. *Cognitive Science*, 38, 795-850.
- DISSA, A. A., & SHERIN B. L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155–1191.
- HAMMER, D. (1996). Misconceptions or p-prims: How may alternative perspectives of cognitive structure influence instructional perceptions and intentions? *The Journal of the Learning Science*, 5(2), 97-127.
- HAMMER, D. (2004). The variability of student reasoning, lectures 1- 3. In E. F. Redish & M. Vicentini (Eds.), *Research on Physics Education. Proceedings of the International School of Physics „Enrico Fermi“, Course CLVI*, Vol. 156, (S. 279-340). Bologna, Italy: Società Italiana die Fisica.
- HAMMER, D., ELBY, A., SCHERR, R. E., & REDISH, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. In J. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective* (S. 89–120). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- KAPON, S. & PANAFES, O. (2014). Explanations that make sense: Accounting for students' internal evaluations of explanations. *ICLS Proceedings*, 2, 887-898. <http://www.isls.org/icls/2014/Proceedings.html>, aufgerufen am 9.10.2015.
- MAGNUSSON, S. J., TEMPLIN, M. & BOYLE, R. A. (1997). Dynamic science assessment: A new approach for investigating conceptual change. *Journal of the Learning Sciences*, 6(1), 91-142.
- MESTRE, J., THADEN-KOCH, T., DUFRESNE, R. & GERACE, W. (2004). The dependence of knowledge deployment on context among physics novices. In E. Redish & M. Vicentini (Eds.), *Research on Physics Education. Proceedings of the International School of Physics „Enrico Fermi“, Course CLVI* (S. 367-408). Amsterdam: IOS Press.

- PARNAFES, O., & DISSA, A. A. (2013). Microgenetic learning analysis: A methodology for studying knowledge in transition. *Human Development*, 56, 5–37.
- REINFRIED, S. (2015a). Der Einfluss motivationalen Faktoren auf die Konstruktion hydrologischen Wissens – eine Analyse individueller Lernpfade. *Zeitschrift für Geographiedidaktik (ZGD)*, 43(2), 107-138.
- REINFRIED, S. (2015b): Quellwasser und Trinkwasserqualität. In: *geographie heute*, 322, 16-28.
- REINFRIED, S., AESCHBACHER, U., KIENZLER, P. M., & TEMPELMANN, S. (2013): Mit einer didaktisch rekonstruierten Lernumgebung Lernerfolge erzielen – das Beispiel Wasserquellen und Gebirgshydrologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 261-288. <http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/>, aufgerufen am 9.10.2015.
- 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. <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/1365/2012/hess-16-1365-2012.html>, aufgerufen am 9.10.2015.
- RUMELHART, D., SMOLENSKY, P., HINTON, G. & MCCLELLAND, J. (1986). Schemata and sequential thought processes in PDP models. In J. McClelland & D. Rumelhart (Eds), *Parallel Distributed Processing: Exploring in the Microstructure of Cognition*, 2, (S. 7-57). Cambridge, MA: MIT Press.
- SHERIN, B., KRAKOWSKI, M., & LEE, V. R. (2012). Some assembly required: How scientific explanations are constructed in clinical interviews. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 166–198.
- THADEN-KOCH, T., DUFRESNE, R. & MESTRE, J. (2006). Coordination of knowledge in judging animated motion. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 2(2), 020107.
- VOSNIADOU, S. (2002). On the nature of naïve Physics. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change* (S. 61-76). Dordrecht: Kluwer.
- VOSNIADOU, S. & BREWER, W.F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- WAGNER, J. F. (2006). Transfer in pieces. *Cognition and Instruction*, 24(1), 1–71.

Geographiedidaktische Forschungen

Herausgegeben im Auftrag des
Hochschulverbandes für Geographiedidaktik e.V.

von

Michael Hemmer

Jürgen Nebel

Yvonne Krautter (geb. Schleicher)

Frühere Herausgeber waren Hartwig Haubrich (bis 2013), Helmut
Schrettenbrunner (bis 2013) und Arnold Schultze (bis 2003).

Karl-Heinz Otto (Hrsg.)

Geographie und naturwissenschaftliche Bildung – Der Beitrag des Faches für Schule, Lernlabor und Hoch- schule

Dokumentation des 21. HGD-Symposiums
im März 2015 in Bochum

Geographiedidaktische Forschungen

Herausgegeben im Auftrag des Hochschulverbandes für Geographiedidaktik e.V. von M. Hemmer, Y. Krautter (geb. Schleicher) und J. Nebel
Schriftleitung: J. C. Schubert

Karl-Heinz Otto (Hrsg.):
Geographie und naturwissenschaftliche Bildung –
Der Beitrag des Faches für Schule, Lernlabor und Hochschule.
Dokumentation des 21. HGD-Symposiums im März 2015 in Bochum.

© 2016 der vorliegenden Ausgabe:
Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG Münster
www.mv-wissenschaft.com
© 2016 Karl-Heinz Otto
Alle Rechte vorbehalten

Druck und Bindung: MV-Verlag
ISBN 978-3-95645-833-0